

ADERINA DE QUADROS MADEIRA

ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO DO ESTADO DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Conforto Ambiental

Orientador: Prof.º Roberto Lamberts, PhD

**Florianópolis
1999**

MADEIRA, Aderina de Quadros. Zoneamento Bioclimático do Estado do Paraná. Florianópolis, 1999. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof.º Roberto Lamberts, PhD

Defesa: 08/99

Verifica-se a influência do clima na evolução social do ser humano e a busca do bem estar higrotérmico nas edificações com baixo consumo de energia através da bioclimatologia aplicada. Apresenta-se a caracterização climática da Região Sul do Brasil, especialmente a do Estado do Paraná, com a análise de 19 cidades, agrupadas nos diferentes tipos do relevo paranaense. Com os dados meteorológicos de temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido, extrapolados às 24 horas diárias, pois só estavam disponíveis em três horários do dia, determinou-se os Anos Climáticos de Referência das cidades estudadas. Evidenciaram-se as principais estratégias bioclimáticas em percentual de horas do ano necessárias para adaptar a edificação ao clima local. O Zoneamento Bioclimático do Estado do Paraná, baseado nas estratégias bioclimáticas das 19 cidades, manifesta-se em três zonas, com duas subzonas em cada uma delas.

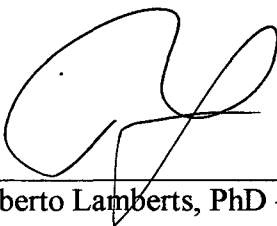
Palavras-chave: Ano Climático de Referência; Bioclimatologia; Estratégias Bioclimáticas; Zoneamento Bioclimático.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 25/08/99, pela comissão examinadora



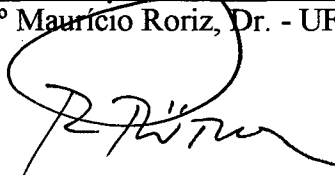
Prof.º Roberto Lamberts, PhD – Orientador - Moderador



Prof.º Fernando Oscar Ruttkay Pereira, PhD - UFSC



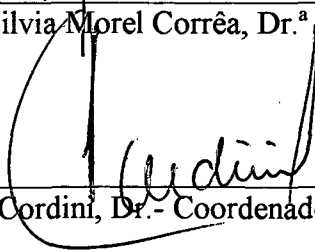
Prof.º Maurício Roriz, Dr. - UFSCar



Prof.º Ricardo Rüther, PhD - UFSC



Silvia Morel Corrêa, Dr.^a - UFSC



Jucilei Cordini, Dr. - Coordenador do CPGEC

*Ao meus pais, Geraldino (in memoriam) e
Irma pelo exemplo de honestidade,
perseverança e determinação.*

*Aos meus filhos Rodrigo e Paola pelo
incentivo e compreensão.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.º Roberto Lamberts, pela orientação, compreensão e paciência no período de desenvolvimento deste trabalho.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – Unidade de Pato Branco, pela liberação integral de minhas atividades para a realização do curso.

À Companhia Paranaense de Energia, Universidade Federal do Paraná e ao Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof.º Parigot de Souza, pela fornecimento dos dados meteorológicos utilizados neste trabalho.

Aos engenheiros, Eloi Kavinski, Martha Regina von Borstel Sugai e Mauricio Müller, do Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof.º Parigot de Souza, pela oportunidade, gentileza e presteza quando da obtenção dos dados.

Aos amigos e colegas, Antônio Augusto de Paula Xavier e Flávio Segundo Wagner, pelo apoio, companheirismo e incentivo.

Ao colega Júlio Tamazoni pelo auxílio na operacionalização dos programas para a determinação do zoneamento bioclimático.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas e Siglas	VIII
Lista de Figuras	IX
Lista de Tabelas	XI
Resumo	XIII
Abstract	XIV

CAPÍTULO 1

1-Introdução	1
1.1-Considerações Iniciais	1
1.2- Objetivos	4
1.3- Estrutura da Dissertação	4

CAPÍTULO 2

2- Revisão Bibliográfica	5
2.1- Clima	5
2.1.1- Climatologia da Região Sul	15
2.1.2- Caracterização do Clima do Paraná	23
2.1.3- Descrição do Relevo do Estado do Paraná	24
2.2- Climatologia Aplicada	25
2.3- Bioclimatologia	29
2.4- Zoneamentos Bioclimáticos no Brasil	43

CAPÍTULO 3

3- Metodologia	57
3.1- Introdução	57
3.2- Definição das Cidades Analisadas	57
3.3- Identificação do Ano Climático de Referência	63

3.4- Adequação dos Dados	66
3.4.1- Geração de Dados Horários de Temperatura de Bulbo Seco	66
3.4.2- Geração de Dados Horários de Temperatura de Bulbo Úmido	70
3.5- Determinação das Estratégias Bioclimáticas	75
3.6- Determinação do Zoneamento Bioclimático	76
CAPÍTULO 4	
4- Resultados	78
4.1- Apresentação dos Anos Climáticos de Referência	78
4.2- Apresentação das Cartas Bioclimáticas	79
4.3- Resultados e Discussão do Zoneamento Bioclimático	104
CAPÍTULO 5	
5- Considerações Finais	115
5.1- Conclusão	115
5.2- Recomendações	116
Referências Bibliográficas	118
Anexos	121

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC (Estados Unidos da América)
BBCC	Building Bioclimatic Chart
BNH	Banco Nacional de Habitação (extinto)
CEF	Caixa Econômica Federal
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
DNMET	Departamento Nacional de Meteorologia
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo S/A
IRAM	Instituto de Racionalização de Materiais (Argentina)
ISO	International Standards Organization (Geneva)
LABCON	Laboratório de Conforto Ambiental (Arquitetura – UFSC)
LABCIG	Laboratório de Ciências Geodésicas – (UFSC)
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC)
LMPT	Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas dos Materiais (Engenharia Mecânica – UFSC)
NPC	Núcleo de Pesquisa em Construção Civil – (UFSC)
PBQP	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade
SEPURB	Secretaria de Política Urbana
TRY	Test Reference Year
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UFPR	Universidade Federal do Paraná

Capítulo 2	Figura 2.1 - Classificação Climática do Brasil, segundo Nimer	16
	Figura 2.2 - Diferenciação Climática da Região Sul	22
	Figura 2.3 - Unidades de Relevo – Estado do Paraná	25
	Figura 2.4 - Carta Bioclimática adotada para o Brasil	37
	Figura 2.5 - Zoneamento Climático de Inverno – Destaque Estado do Paraná	44
	Figura 2.6 - Zoneamento Climático de Verão – Destaque Estado do Paraná	45
	Figura 2.7 - Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação no Estado do Paraná	50
	Figura 2.8 - Zoneamento Bioclimático do Brasil – Destaque Estado do Paraná (1997)	52
	Figura 2.9 - Zoneamento Bioclimático do Brasil – Destaque Estado do Paraná (1998)	54
 Capítulo 3	 Figura 3.1 - Mapa do Estado do Paraná com a identificação das Estações Meteorológicas e os respectivos órgãos que as administram	 59
	Figura 3.2 - Diagrama de Dispersão de Temperatura de Bulbo Seco	69
	Figura 3.3 - Gráfico de Correlação Tbs, 8760 dados	70
	Figura 3.4 - Diagrama de Dispersão de Temperatura de Bulbo Úmido	73
	Figura 3.5 - Gráfico de Correlação Tbu, 8760 dados	74
	Figura 3.6 – Histograma TRY Curitiba – ano 1969 – dados COPEL	74
	Figura 3.7 – Histograma TRY Curitiba – ano 1969–dados Aeroporto	75
 Capítulo 4	 Figura 4.1 - Estratégias Bioclimáticas de FOZ DO IGUAÇU	 80
	Figura 4.2 - Estratégias Bioclimáticas de PARANAGUÁ	81
	Figura 4.3 - Estratégias Bioclimáticas de BELA VISTA do PARAÍSO	83
	Figura 4.4 - Estratégias Bioclimáticas de CERRO AZUL	84
	Figura 4.5 - Estratégias Bioclimáticas de JACAREZINHO	85

Figura 4.6 - Estratégias Bioclimáticas de LONDRINA	86
Figura 4.7 - Estratégias Bioclimáticas de MARINGÁ	87
Figura 4.8 - Estratégias Bioclimáticas de NOCA CANTU	88
Figura 4.9 - Estratégias Bioclimáticas de PARANAVAÍ	89
Figura 4.10 - Estratégias Bioclimáticas de UMUARAMA	90
Figura 4.11 - Estratégias Bioclimáticas de CASCAVEL	92
Figura 4.12 - Estratégias Bioclimáticas de PATO BRANCO	93
Figura 4.13 - Estratégias Bioclimáticas de PONTA GROSSA	94
Figura 4.14 - Estratégias Bioclimáticas de RIO NEGRO	95
Figura 4.15 - Estratégias Bioclimáticas de TELÊMACO BORBA	96
Figura 4.16 - Estratégias Bioclimáticas de CASTRO	98
Figura 4.17 - Estratégias Bioclimáticas de CURITIBA - Aeroporto	99
Figura 4.18 - Estratégias Bioclimáticas de CURITIBA – COPEL	100
Figura 4.19 - Estratégias Bioclimáticas de GUARAPUAVA	101
Figura 4.20 - Estratégias Bioclimáticas de PALMAS	102
Figura 4.21 - Plano A – Conforto	107
Figura 4.22 - Plano B – Estratégia: Ventilação	108
Figura 4.23 - Plano C – Estratégia: Ventilação/Massa para resfriamento/Resfriamento Evaporativo	109
Figura 4.24 - Plano D – Estratégia: Massa térmica para aquecimento	109
Figura 4.25 - Plano E – Estratégia: Aquecimento solar passivo	110
Figura 4.26 - Plano F – Estratégia: Aquecimento artificial	111
Figura 4.27 – Zoneamento Bioclimático do Estado do PARANÁ	112

Capítulo 1	Tabela 2.1 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações urbanas	7
	Tabela 2.2 – Números Relativos, em percentual, das zonas hipsométricas	18
	Tabela 2.3 – Áreas de regiões de chuvas, números relativos	20
	Tabela 2.4 – Quadro Climático da região Sul	22
	Tabela 2.5 – 14 Cidades e períodos analisados	28
	Tabela 2.6 – Zonas Bioclimáticas para fins de edificação na Região Sul	49
	Tabela 2.7 – Exigências quanto ao desempenho térmico do projeto habitacional para cada Zona Bioclimática	55
 Capítulo 3	 Tabela 3.1 – Números relativos, em percentual, das zonas hipsométricas	 58
	Tabela 3.2 – Cidades Analisadas, Agrupadas por Altitude	60
	Tabela 3.3 – Identificação das Cidades Analisadas	60
	Tabela 3.4 – Seqüência dos meses para cálculos de consumo de energia	64
	Tabela 3.5 – Cidades analisadas e os períodos respectivos para determinação do Ano Típico	65
	Tabela 3.6 – Médias mensais de temperatura de Bulbo Seco (°C) da cidade de Curitiba, ano 1969	67
	Tabela 3.7 – Comparação das médias mensais de Temperatura de Bulbo Seco (°C) – Curitiba:1969	68
	Tabela 3.8 – Tabela ANOVA, fator único	68
	Tabela 3.9 - Médias mensais de Temperatura de Bulbo Úmido da cidade de Curitiba, ano 1969	71
	Tabela 3.10 – Comparação das médias mensais de Temperatura de Bulbo Úmido (°C) – Curitiba: 1969	72
	Tabela 3.11 – Tabela ANOVA, fator único	72

Capítulo 4	Tabela 4.1 - Cidades Analisadas e seus respectivos TRY	78
	Tabela 4.2 – Estratégias bioclimáticas para Foz do Iguaçu (%)	80
	Tabela 4.3 – Estratégias bioclimáticas para Paranaguá (%)	81
	Tabela 4.4 – Estratégias bioclimáticas para Bela Vista do Paraíso (%)	83
	Tabela 4.5 – Estratégias bioclimáticas para Cerro Azul (%)	84
	Tabela 4.6 – Estratégias bioclimáticas para Jacarezinho (%)	85
	Tabela 4.7 – Estratégias bioclimáticas para Londrina (%)	86
	Tabela 4.8 – Estratégias bioclimáticas para Maringá (%)	87
	Tabela 4.9 – Estratégias bioclimáticas para Nova Cantu (%)	88
	Tabela 4.10 – Estratégias bioclimáticas para Paranavaí (%)	89
	Tabela 4.11 – Estratégias bioclimáticas para Umuarama (%)	90
	Tabela 4.12 – Estratégias bioclimáticas para Cascavel (%)	92
	Tabela 4.13 – Estratégias bioclimáticas para Pato Branco (%)	93
	Tabela 4.14 – Estratégias bioclimáticas para Ponta Grossa (%)	94
	Tabela 4.15 – Estratégias bioclimáticas para Rio Negro (%)	95
	Tabela 4.16 – Estratégias bioclimáticas para Telêmaco Borba (%)	96
	Tabela 4.17 – Estratégias bioclimáticas para Castro (%)	98
	Tabela 4.18 – Estratégias bioclimáticas para Curitiba – dados Aeroporto (%)	99
	Tabela 4.19 – Estratégias bioclimáticas para Curitiba – dados COPEL (%)	100
	Tabela 4.20 - Estratégias bioclimáticas para Guarapuava (%)	101
	Tabela 4.21 – Estratégias bioclimáticas para Palmas (%)	102
	Tabela 4.22 – Planos e respectivas estratégias	104
	Tabela 4.23 – Banco de Dados de Atributos	105
	Tabela 4.24 - Zonas Bioclimáticas e respectivas estratégias	111

RESUMO

O homem no decorrer de seu desenvolvimento e no desempenho de suas atividades sofreu a influência dos elementos e condições climáticas.

A preocupação existente em nosso país, em proporcionar um maior conforto ambiental ao ser humano, a busca de alternativas construtivas e de projeto, visando um alto grau de bem estar higrotérmico, com baixo consumo de energia, desemboca no estudo da bioclimatologia aplicada às edificações.

No presente trabalho, tendo como suporte a climatologia da Região Sul do Brasil, em especial o Estado do Paraná, objetivou-se a realização de um *zoneamento bioclimático* deste Estado, através do estudo de 19 cidades agrupadas nos diferentes tipos do relevo paranaense. Exige-se para tanto, com dados meteorológicos de temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido, a determinação do Ano Climático de Referência de cada uma das cidades em questão.

Os dados meteorológicos das variáveis referidas disponibilizavam-se nos horários das 9, 15 e 21 horas do dia. Houve, portanto, a necessidade de extrapolar às 24 horas diárias as temperaturas secas e úmidas de cada uma das 19 cidades. Para gerar os dados horários, usou-se algoritmos introduzidos pelas *amplitudes diárias*, alcançadas através das temperaturas extremas e os *fatores de multiplicação* da cidade de Curitiba.

Com os Anos Climáticos de Referência produzidos, analisou-se as estratégias bioclimáticas em percentual de horas do ano em que são necessários para adaptar a edificação ao clima local. Na seqüência evidenciaram-se as principais estratégias nas 19 cidades, definidas nas de Ventilação, Ventilação/massa para resfriamento/resfriamento evaporativo, Massa térmica para aquecimento/aquecimento solar, Aquecimento solar passivo e Aquecimento artificial. O *zoneamento bioclimático* manifesta-se em três zonas, com duas subzonas em cada uma delas.

Com o perfil do estado do Paraná definido quanto à bioclimatologia surgem oportunidades para um maior envolvimento dos profissionais com a Arquitetura Bioclimática.

ABSTRACT

Along his development and while performing his activities man has suffered the influence of elements and climatic conditions.

The current concern in our country in providing more environmental comfort to human being, the search for constructive alternatives and of a project with a high level of hygrothermic well-being, with low energy consumption, emerges to the study of bioclimatology applied to constructions.

In the present work, having as a support the climatology of the South Region of Brazil, in special of the State of Paraná, it has been aimed the development of a bioclimatic division into zones of this State, through the study of nineteen cities grouped according to the different types of the State relief. For that, it demands meteorological data of dry bulb temperature and humid bulb temperature, the determination of the Reference Climatic Year of each of the involved cities.

The meteorological data of the referred variables were available at 9a.m., 3p.m., and 9p.m.. There was, therefore, the necessity to extrapolate to the twenty-four hours of the day of the dry and wet bulbs temperatures of each one of the nineteen cities.

To generate the time-table data, algorithms have been used and introduced by daily amplitudes achieved by the extreme temperatures, the multiplication factors of the city of Curitiba.

With the Reference Climatic Years produced, the bioclimatic strategies were analysed in the percentage of hours of the year which are necessary to adapt the construction to the local climate. In the sequence it has been evidenced the main strategies in the nineteen cities defined in the ones of Ventilation, Ventilation/mass to cooling/evaporative cooling, Thermal mass to heating/solar heating, Passive solar heating and Artificial heating. The bioclimatic division manifests itself in three zones, with two sub-zones in each one of them.

With the profile of the state of Paraná defined in what it refers to the bioclimatology, opportunities arise to a greater professionals' involvement with Bioclimatic Architecture.

CAPÍTULO 1

1.1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na observância do desenvolvimento das civilizações verifica-se a influência das condições climáticas nas atividades do homem. Através de experiências de várias gerações o ser humano aprendeu a adaptar suas moradias ao clima local. Na Roma antiga, por exemplo, existiam túneis subterrâneos onde uma fornalha aquecia o ar, que por sua vez aquecia os ambientes. No deserto do Colorado, nos Estados Unidos, as habitações eram construídas nas encostas de pedra, de forma a protegê-las da incidência dos raios solares. Outro exemplo, no norte da China, por apresentar clima muito severo, as edificações foram construídas subterrâneas. Constata-se através da história que as edificações do passado eram melhor adequadas ao clima que as atuais.

As grandes transformações sócio-econômicas e o avanço tecnológico, alteraram a concepção arquitetônica, limitando-a, por várias gerações, a um estilo onde a forma se sobrepõe à função.

De acordo com UBER (1992), nas últimas décadas os fatores ambientais não estão sendo considerados adequadamente nos projetos de edificações, principalmente as residenciais, refletindo na ausência de conforto nas mesmas.

Alia-se a este processo, a existência, no Brasil, de poucas regiões ou cidades onde os dados meteorológicos estão levantados, analisados e tratados, para que os profissionais possam estabelecer critérios de projeto que garantam uma maior identificação entre a arquitetura e o local onde será implantada a obra, estabelecendo a interrelação projeto-clima-indivíduo.

A completar este quadro verifica-se que a falta de documentação normativa, muitas vezes favorece a importação de alternativas construtivas, não considerando as diferenças climáticas e sócio-econômicas das várias regiões brasileiras. Esta dissociação entre clima e edificação acarreta problemas de ordens econômica e social, e a solução dos mesmos acontece forçosamente pela arquitetura bioclimática, onde os projetos arquitetônicos passarão a fazer a interação das condicionantes climáticas da região.

Os projetos arquitetônicos com sustentação ambiental são uma manipulação consciente da forma da edificação e propriedades de seus elementos, com o objetivo de

atingir a temperatura interna, umidade, renovação do ar e iluminação desejada, com o mínimo de consumo de energia convencional. (SANTAMOURIS, 1995)

Atualmente, muitos países procuram meios passivos de condicionamento térmico de edifícios. Nos países desenvolvidos, como afirma GIVONI(1991), isto ocorre com o intuito de conservar energia e diminuir a demanda de eletricidade consumida pela climatização artificial. Nos países em desenvolvimento os condicionadores de ar não são utilizados em larga escala; por isso o interesse por meios passivos traduz-se no desejo de minimizar o desconforto térmico e seus efeitos sobre a saúde e produtividade, bem como racionalizar o número de instalações destes aparelhos.

Em nosso país não há normalização que estabeleça o zoneamento bioambiental, e os dados climáticos são de difícil obtenção, principalmente os dados horários, de modo que os resultados estatísticos sejam mais significativos. Em mais este aspecto o Brasil está em situação de desvantagem em relação a outros países, inclusive da América Latina, pois na Argentina já existe um conjunto de normas de habitabilidade, elaborado pelo Instituto de Racionalização de Materiais (IRAM), onde as Normas IRAM 11.604, 11.605 e 11.625 determinam as condições de habitabilidade, e a Norma IRAM 11.603 organiza o zoneamento bioambiental do referido país.

Conscientes desta lacuna na normatização brasileira, órgãos públicos e estudiosos da área passaram a trabalhar com o objetivo de determinar um Zoneamento Bioclimático brasileiro. Estes trabalhos vêm se desenvolvendo desde a década de 80, englobam relatórios oficiais, relatórios internos de instituições de ensino superior, dissertações de mestrado e textos para discussão. Trabalhos estes, que de maneira resumida, passa-se a relatar.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A (IPT), em 1985, através de um documento preliminar, desenvolveu uma metodologia para a avaliação de desempenho de habitações unifamiliares, estabelecendo um Zoneamento Climático de Verão com onze zonas e um Zoneamento Climático de Inverno com nove zonas.

RORIZ (1993), utilizando-se de normais climatológicas e da metodologia de Mahoney, elaborou um estudo preliminar de zoneamento bioclimático para o Brasil. Este estudo resultou em um conjunto de cidades que correspondiam às mesmas recomendações de projeto arquitetônico propostas por Mahoney. Como nas planilhas as

recomendações são um tanto minuciosas, qualquer variação nelas conduz a caracterização de outra zona bioclimática

SILVA (1994), através de normais climatológicas do período de 1961 a 1990, de 204 estações meteorológicas brasileiras, estabelece o Zoneamento Bioclimático, em função dos desvios da zona de conforto, proposta por Givoni (1992). Compõe-se este zoneamento bioclimático de três zonas, que por sua vez são compostas de suas respectivas subzonas bioclimáticas, totalizando 12 classes. Também o autor, em função das estratégias de projeto bioclimático sugeridas por Givoni (1992), determina o Zoneamento Bioclimático para fins de Edificação que, possui 13 zonas.

No ano de 1997, o Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana (SEPURB), e IPT, com financiamento da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), e dentro do Programa Brasileiro de Construção Habitacional, elaboram um texto, onde estabelecem *critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social*. Organizam-se neste documento oito zonas climáticas, e cada uma delas abrangendo critérios para verão e inverno.

No ano de 1998, Roriz, Lamberts e Ghisi desenvolvem o Projeto Inovação Tecnológica, convênio ITQC/SEPURB/CEF, que propõe um Zoneamento Bioclimático do Brasil, para aplicação no estudo de conforto higrotérmico de habitações populares. Resultam deste trabalho oito zonas bioclimáticas.

Observa-se que as metodologias utilizadas (normais climatológicas, desvios da zona de conforto, zonas bioclimáticas) diferenciam-se umas das outras, resultando em diferentes critérios e zoneamentos. Somente recentemente as metodologias e critérios estão definindo-se e encaminhando-se a uma oficialização de normas de Conforto Ambiental e um Zoneamento Bioclimático para o Brasil. Só assim a linguagem de projetos bioclimáticos usará um vocabulário com maior afinidade com o tipo de edificação e contexto climático, gerando uma economia de energia e uma elevação da satisfação dos usuários das edificações planejadas.

1.2- OBJETIVOS

Baseado em dados climáticos disponíveis, caracterizar o *Ano Climático de Referência* de dezenove cidades e estabelecer um *Zoneamento Bioclimático* para o Estado do Paraná.

1.3- ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para se identificar as soluções arquitetônicas apropriadas ao ambiente climático deve-se conhecer o clima e ater-se a levantamentos dos elementos climáticos do local a ser estudado. No Capítulo 2 deste trabalho, analisam-se os fatores condicionantes do clima, discutidas as principais características da climatologia da Região Sul do Brasil, em especial a do Estado do Paraná. Também no Capítulo 2 apresentam-se as interações do clima nas edificações diante das solicitações higrotérmicas impostas pelas manifestações climáticas e os estudos até agora realizados no Brasil com o intuito de realizar um Zoneamento Bioclimático brasileiro.

No Capítulo 3, com o objetivo de estabelecer o Zoneamento Bioclimático do Estado do Paraná, analisam-se dados climáticos de 19 cidades deste Estado. A metodologia desenvolveu-se nas etapas seguintes: definição das Cidades Analisadas através da caracterização do relevo; identificação do ano climático de Referência pelas médias mensais de um período de 10 anos para cada uma das cidades definidas anteriormente; adequação dos dados através de geração de dados horários de Temperatura de Bulbo Seco e Temperatura de Bulbo Úmido; determinação das Estratégias bioclimáticas e, através delas, a determinação do Zoneamento Bioclimático

No Capítulo 4, apresentam-se os resultados dos Anos Climáticos de Referência, Estratégias Bioclimáticas das cidades analisadas, o resultado e discussão do Zoneamento Bioclimático do Estado do Paraná.

No Capítulo 5, apresentam-se as conclusões e recomendações para futuros estudos.

CAPÍTULO 2

2.1- CLIMA

Em VIANELLO e ALVES (1991) tem-se que ao estudo do clima denomina-se etimologicamente, climatologia. E que o vocábulo *clima* é originário do grego, significando inclinação, referindo-se à inclinação do eixo imaginário terrestre. Atualmente, conceitua-se clima como um conjunto habitual de elementos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a atmosfera de um local e influem nos seres que nele se encontram.

Não raramente os conceitos de *clima* e *tempo meteorológico* confundem-se, pois tratam dos fenômenos do *tempo*. A diferença de conceituação é sutil, como descrito em VIANELLO e ALVES (1991, p. 378): “O clima é uma generalização ou a integração das condições do tempo para um certo período, em uma determinada área. O Tempo meteorológico é uma experiência diária; é o estado instantâneo da atmosfera ...”

Reconhece-se presentemente a meteorologia como a ciência atmosférica em seu sentido mais amplo, seus objetivos visam ao completo entendimento dos fenômenos atmosféricos, sua previsão precisa e ao controle artificial. Já a climatologia interessa-se particularmente pelas aplicações práticas, utiliza-se dos mesmos dados básicos da meteorologia, mas com a intenção de descobrir, explicar e explorar o comportamento normal dos fenômenos atmosféricos, visando beneficiar o homem. É uma ciência aplicada.

Segundo VIANELLO e ALVES (1991), o sistema Terra-atmosfera tem grande diversidade de processos físicos, muitos ainda não totalmente conhecidos na sua individualidade, sendo que sua interação determina o clima, em escala regional ou global. A grande dificuldade surge quando se tenta considerar estas interações na natureza. Esta característica dificulta uma completa descrição quantitativa de nosso sistema climático, pelo fato do mesmo não ser linear. Transforma-se este aspecto no grande desafio à ciência, a elaboração de um modelo físico-matemático que inclua todos os fatores que afetam o clima da Terra.

Para uma compreensão mais didática o clima é dividido em *fatores* e *elementos climáticos*. Como *elementos climáticos* entende-se as grandezas meteorológicas que comunicam ao meio atmosférico suas propriedades e características, os principais são:

temperatura, umidade, precipitação, vento, pressão atmosférica. Estes elementos são sempre utilizados mediante a respectiva transformação em médias, extremos, frequência e outros índices estatísticos, traduzidos em números.

Ainda segundo VIANELLO e ALVES (1991), os *fatores climáticos* são os condicionantes físicos capazes de modificar o clima, e subdividem-se em fatores externos e fatores internos.

Como fatores externos destacam-se:

- flutuações na quantidade de energia solar;
- variações na órbita terrestre e no eixo de rotação;
- circulação geral da atmosfera;
- modificações nas características da superfície dos continentes e dos oceanos.

Fatores que podem ser considerados internos:

- a periodicidade e as anomalias na configuração das temperaturas da superfície dos oceanos;
- a quase intransitividade do sistema climático.

Outros fatores acrescentam-se em escala regional ou local, a saber: altitude, relevo, maritimidade, continentalidade, latitude, tipo de solo, rotação da Terra, estações do ano, vegetação, correntes oceânicas.

Percebe-se, portanto, que os ambientes meteorológicos e climatológicos resultam de processos físicos em distintas escalas espaciais e temporais. Observam-se três escalas espaciais na integração entre a atmosfera e o solo, são: a *macro escala*, a *meso escala* e a *micro escala*.

De acordo com PEDROSO (1985), na *macro escala* trabalha-se com normais de elementos climáticos coletados pelo serviço de meteorologia nacional por longos períodos, 30 anos. Nesta escala os espaços considerados são o zonal e o regional, onde os fatores climáticos predominam sobre os elementos climáticos.

Segundo o mesmo autor, na *meso escala* o espaço local das cidades e das grandes zonas de construção são consideradas. Faz-se necessário, neste nível espacial, a análise incluir as variações diárias e a verificação das interferências dos elementos climáticos locais. Estas decisões são importantes devido às influências causadas pelas atividades humanas no clima local.

Quando o clima considerado está compreendido próximo ao solo e no interior da edificação tem-se a *micro escala*. Os dados desta escala não são coletados pelos postos meteorológicos convencionais, porque seus aparelhos de medição localizam-se a cerca de 2 metros de altura acima da superfície do solo. É nesta escala que os processos físicos e químicos que ligam o ambiente meteorológico das macro e meso escalas com as edificações e suas funções surgem. E com a interação do entorno edificado, modificam os elementos climáticos que incidem na edificação.

Na Tabela 2.1 apresenta-se esquematizada a relação destas escalas com as fontes de dados e os espaços climáticos e urbanos.

TABELA 2.1 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações urbanas

Ordens de grandeza	Unidades de superfície	Escala de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de Abordagem		
					Observação	Organização	Análise
V	10 (dezenas de km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana	Posto meteorológico e rede complementar	Interação Geológica. Ação antrópica	Análise espacial
VI	10 ⁻² (centenas a milhares de metros)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade, grande bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (episódicos)	Urbanismo	Especial
VII	dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade, fâcies de bairro	(detalhe)	Arquitetura	
VIII	metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação ,setor da habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: PEDROSO (1985) - Resumo do original

a) Fatores do Clima

Os fatores do clima são, de um modo geral, os mesmos que geram os vários estados do tempo. Um ambiente climático pode ser sintetizado como proveniente da combinação de fatores. De acordo com SERRA(1974 a) estes fatores dividem-se em três tipos, como descrito a seguir:

a.1- *fatores astronômicos*: distância do sol, sua radiação, e os movimentos da Terra;

a.2- *fatores geográficos*: latitude, altitude, natureza da superfície (líquida ou sólida), revestimento (vegetal, rochoso, neve, etc), inclinação do terreno (vales, montanhas), posição dos continentes e mares;

a.3- *fatores meteorológicos*: são os que influem no clima local por meio das condições gerais dos ventos, correntes marinhas, massas de ar, sistemas isobáricos médios.

Utiliza-se a divisão relatada acima somente com fins metodológicos, pois os fatores agem de maneira conjunta e sem dissociação sobre os elementos climáticos, dificultando o reconhecimento da predominância de um sobre o outro.

Descreve-se a seguir a interação e a influência dos fatores climáticos sobre os elementos do clima.

b) Influência dos fatores astronômicos

Considere-se, em primeiro lugar, o *movimento de rotação* oeste-leste em torno do eixo pólo norte-pólo sul, num período de 24 horas (dia solar médio). Deste período resulta a divisão em dia e noite, com duração de 12 horas, julgando os demais movimentos inalterados. O movimento de rotação resulta em uma trajetória aparente do sol, que surge no horizonte, em média, às 6 horas, atingindo a máxima altura às 12 horas. A altura decresce após, e se anula por volta das 18 horas, dando início a noite. Ocorre deste fato uma variação no período de 24 horas para a temperatura e demais elementos climáticos tais como pressão, umidade, vento, etc.

A intensidade do calor recebido, através da radiação, acompanha esta ordem, isto é, manifesta-se nula durante a noite, cresce desde que o Sol surge até às 12 horas, decresce novamente até chegar a noite.

Desta maneira a variação diária de temperatura está intimamente relacionada com o aporte de energia solar no solo e, conseqüentemente, seu aquecimento. Há uma defasagem entre a máxima temperatura da superfície do solo e a do ar, sendo em média de 2 horas. Devido ao movimento de rotação da Terra, o comportamento da temperatura diária manifesta-se, teoricamente, como uma série trigonométrica de senos e cossenos,

atingindo os valores máximos entre 14 e 15 horas, os valores mínimos antes do nascer do sol, por volta das 6 horas, e valores médios às 10 e 20 horas. O aquecimento progressivo faz com que o equilíbrio entre a radiação solar registrada na superfície e a energia por esta emitida só é atingida nos continentes às 14 horas, pois, quando a radiação solar está decrescendo a energia emitida pelo solo está se elevando.

A umidade relativa tem o comportamento semelhante, com a variação senoidal ocorrendo com extremos inversos. Assim, a umidade relativa máxima corresponde a temperatura mínima, ao contrário, a mínima umidade relativa corresponde a temperatura máxima diária. Define-se a umidade relativa como a razão da quantidade de vapor observada, pela quantidade de vapor em que ocorreria saturação a uma dada temperatura, portanto a capacidade do ar de conter vapor d'água aumenta com a temperatura. Segundo VIANELLO e ALVES (1991), o vapor d'água desempenha o papel de um agente termorregulador, impedindo que a camada de ar junto ao solo se esfrie em demasia durante a noite.

Estando um observador fixo na Terra, o Sol faz um movimento na esfera celeste, com periodicidade de aproximadamente um ano. Este movimento aparente do Sol na esfera celeste é helicoidal, em consequência do eixo terrestre ser inclinado em relação ao plano que contém a trajetória da Terra em torno do Sol (*movimento de translação*). O ângulo entre o Plano da Eclíptica e o Plano Equatorial Celeste é atualmente, de, aproximadamente, $23^{\circ} 27'$.

Esta trajetória do Sol em relação ao equador resulta nos instantes denominados *equinócios* (instantes em que o Sol passa pelo Plano Equatorial) e nos *solstícios* (instantes em que o Sol se encontra mais afastado do Plano Equatorial Celeste), que são os instantes em que as estações do ano se iniciam, explica-se:

- *equinócios*: ocorrem em 21 de março e 23 de setembro;
- *solstícios*: ocorrem em 22 de junho e 22 de dezembro.

Identificam-se assim as estações do ano. Para o hemisfério sul o *verão* inicia em 22 de dezembro; o *outono* em 21 de março; o *inverno* em 22 de junho; a *primavera* em 23 de setembro. Para o hemisfério norte as estações ocorrem em épocas opostas.

Para o hemisfério exposto ao sol, a longa duração dos dias e a maior altura do Sol na sua trajetória diurna, resultam em um mais intenso aquecimento, com resfriamento simultâneo para o outro hemisfério.

A quantidade de radiação incidente na atmosfera varia em função da latitude. Mas a este aspecto somam-se outros fatores que também influenciam na radiação que de maneira efetiva alcança a superfície terrestre. A radiação incidente é reduzida através das perdas por absorção, reflexão e difusão.

O balanço térmico da Terra deve ser mantido, igualando-se os ganhos e perdas globais de calor. Quando uma região recebe mais radiação do que perde, transforma-se em fonte quente, e o inverso igualmente ocorre, quando uma região recebe menos radiação solar do que perde, transforma-se em fonte fria. Como consequência deste desequilíbrio e diferença térmica gera-se uma diferença de densidade e pressão do ar. Buscando o equilíbrio de pressão há uma migração de partículas, conduzindo calor, de uma região para outra, manifestando-se, desta maneira, os *ventos*, que no conjunto formam a *circulação geral* da atmosfera.

c) Influência dos fatores dinâmicos

Como ficou evidente no item anterior, do movimento dos ventos surge a *circulação geral* da atmosfera, que é o resultado do desequilíbrio térmico e diferença entre *fontes quentes* e *fontes frias*.

Igualmente constata-se que a intensidade de radiação solar que atinge o topo da atmosfera terrestre é variável ao longo do ano, em virtude dos efeitos astronômicos. E, segundo SERRA (1974 a), a *atmosfera* é pouco aquecida pela radiação solar, sendo que a *superfície terrestre* recebe-a em quase sua totalidade. A emissão da radiação ocasiona um decréscimo progressivo da temperatura em altitude, determinando em cada ponto um *gradiente adiabático* em que se segue uma intensa *convecção*.

Verifica-se na zona equatorial um excesso de energia em relação ao seu equilíbrio térmico, acontecendo o inverso na zona polar. Para que o equilíbrio global seja estabelecido é necessário que aconteça um transporte de energia, através de *ventos* e *correntes marinhas*, proporcionada pela *advecção do ar e da água*.

A movimentação no transporte desta energia, segue alguns princípios, a saber.

Nas baixas latitudes, a maior temperatura média das camadas inferiores, acarreta menor peso para a coluna de ar equatorial, comparando-a a uma coluna de ar polar, de mesma altura. Já nas camadas superiores ocorre o oposto, porque a maior *convecção* equatorial leva o ar para níveis elevados, e em consequência a pressão aumenta. O gradiente de pressão na atmosfera superior, na linha equador-pólo, favorece um

transporte do ar aquecido das camadas superiores do equador para o pólo. Porém, no pólo o gradiente vertical é diminuído pela advecção superior, aumentando o peso, forçando a descida do ar e conseqüentemente a pressão junto à superfície. Com a formação de um gradiente devido à baixa pressão superficial da zona equatorial, resulta uma corrente superficial na linha pólo-equador, que conduz ar frio para a região equatorial. Fecha-se assim o ciclo *circulação meridiana*.

Com a umidade atmosférica evidencia-se fenômeno semelhante. A umidade atmosférica é caracterizada pelo conteúdo de vapor d'água na atmosfera, proveniente da evaporação das superfícies aquáticas, dos terrenos úmidos e da transpiração das plantas.

Pela ação da pressão e da temperatura, o ar contém uma determinada quantidade de vapor, até atingir a *pressão de saturação*, que é seu limite máximo. Para um mesmo valor de pressão atmosférico a capacidade do ar de reter vapor aumenta em função da temperatura. Por conseguinte, a distribuição de vapor não é uniforme, variando diretamente com a radiação solar anual e a temperatura média, manifesta-se de uma maneira geral, maior nas regiões dos trópicos e menos em direção aos pólos.

Afirmam VIANELLO e ALVES (1991), que as máximas concentrações de vapor nas regiões tropicais e equatoriais, e mínimas nas latitudes elevadas e polares, geram um fluxo de vapor d'água das baixas para as altas latitudes que, ao condensar e precipitar aquece aquelas regiões.

d) Influência dos fatores estáticos

São estes os mais relevantes fatores para a interpretação da distribuição geográfica da variáveis climáticas.

d.1) Influência da altitude

Como a radiação solar pouco aquece a *atmosfera*, sendo em grande parte incidente sobre a *superfície terrestre*, depende desta o aquecimento do ar. Logo, o ar que se situa mais próximo da superfície terrestre sofre maior e mais rápido aquecimento. Desta forma, quanto maior a altitude atmosférica menor a temperatura do ar.

SERRA (1974 b), descreve que o gradiente médio vertical da Terra é de 0,56°C a cada 100m, e os valores individuais variam de 0,45°C a 0,75°C a cada 100 metros. Já VIANELLO e ALVES(1991), declaram que a *razão adiabática seca* na parcela de ar é de 1°C para cada 100 metros.

No entanto, verifica-se que a temperatura da superfície do solo nas montanhas é maior do que nos vales e planícies, ocasionado pela maior intensidade da radiação solar. Logo, as máximas temperaturas no solo são maiores nas montanhas do que nas planícies. De acordo com SERRA (1974 b), devido à forte emissão noturna provocada pela escassez de vapor, alto coeficiente de transparência e menor densidade, as mínimas temperaturas são muito acentuadas nas montanhas. Este fator gera uma intensidade de radiação duas vezes maior do que nas planícies. Tem-se, então, nas cadeias elevadas uma maior amplitude diária de temperatura.

d.2) Influência da latitude

A trajetória aparente do Sol alcança a maior altitude na linha do Equador, latitude 0, decresce gradualmente em direção aos pólos. Conclui-se que a radiação solar incidente reduz-se à medida que aumenta a latitude, conforme o ângulo de incidência. Quanto mais próximos do equador maior a incidência de radiação nos planos horizontais e quanto mais próximos dos pólos, maior latitude, maior a incidência nos planos verticais, e quanto mais próximos

Nas latitudes médias entre os trópicos e círculos polares, a trajetória solar aproximar-se do zênite uma vez por ano, sem jamais alcançá-lo. Logo, as estações do ano, inverno e verão são melhor definidas em suas características meteorológicas e climáticas. Já nas baixas latitudes, região entre os trópicos, o Sol atinge o zênite por duas vezes ao ano, fazendo com que o ritmo das estações seja menos nítido.

d.3) Influência da topografia

A forma da superfície terrestre é um dos fatores com forte influência na definição do clima de uma região. A forma, orientação, grau de exposição, altura e elevações ou vales, ou seja, a topografia do local influencia não só a temperatura, mas também a distribuição de radiação solar, vento e precipitação.

A influência de pequenas elevações sobre a chuva pode ser bastante pronunciada, especialmente quando os ventos úmidos sopram de forma regular e de uma direção. A face da elevação que está na direção de onde sopra o vento (barlavento), recebe mais chuva que a média da região e, por semelhança, a face oposta à direção do vento (sotavento), recebe menos. Este efeito aumenta diretamente com a altura da elevação.

A insolação é maior quando incidente em um plano normal aos raios solares e o total de radiação recebida é a soma da radiação direta incidente, da radiação difusa do céu e a radiação refletida pelo solo e demais superfícies. Essa última componente depende das características reflexivas do solo e de sua inclinação relativa aos raios solares e à superfície que recebe a radiação. Desta maneira, os horários de maior incidência de radiação variam devido aos diferentes planos de inclinação

d.4) Influência do revestimento

A alteração diária de temperatura relaciona-se diretamente com o aporte de radiação solar e conseqüente aquecimento do solo.

A superfície do solo ao receber a incidência da radiação solar transfere ao ar circundante o calor absorvido. No ar situado próximo ao solo, a maior temperatura ocorre durante o dia. Mas durante a noite a temperatura diminui nas proximidades do solo, devido à evaporação e radiação emitida,. Logo é no microclima que se constata as maiores variações de temperatura. Os extremos de temperatura são amenizados pelo revestimento natural do solo. Já as superfícies artificiais, isto é, aquelas implantadas pelo homem, por impedirem a evaporação natural do solo, fazem com que a temperatura se eleve e reduzem a umidade do ar. (VIANELLO e ALVES, 1991)

Também os vegetais de grande porte influenciam nas alterações de temperatura, visto que pelo aspecto do sombreamento nas superfícies ocasiona uma diminuição do aquecimento, pois protege-as de uma maior quantidade de radiação incidente. Observa-se que junto à superfície do solo de um bosque ocorre uma temperatura muito uniforme. fato que só acontece dentro do bosque, visto que nos grandes claros e nos terrenos circunvizinhos ocorre grandes variações de temperatura. mas, os movimentos convectivos conduzem o ar mais fresco aos arredores, suavizando os extremos de temperatura.

O vento sopra na mesma direção em zonas florestais com árvores de menor altura, também ao nível do terreno, mas com velocidade reduzida comparada com a de fora da floresta. A zona de pressão que se forma junto à superfície da vegetação faz com que a velocidade seja reduzida.

d.5) Influência das massas d'água

A proximidade de massas d'água é mais um dos fatores a condicionar o clima. O efeito provocado por esta proximidade chama-se *índice de maritimidade* ou *índice de oceanidade*.

O calor específico da água é muito elevado, necessitando uma grande quantidade de calor para elevar em um unidade a temperatura de uma unidade de massa. Os movimentos convectivos no líquido dispersam o calor em várias camadas, por isso a radiação incidente não se transforma toda em calor na superfície, pois uma parte do calor gerado se transforma em calor latente na evaporação.

As variações diárias de temperatura das massas d'água são, portanto, desprezíveis, funcionando as mesmas como reservatório de calor durante a noite. Como consequência tem-se que a amplitude diária de temperatura é menor no litoral do que nas regiões continentais.

Os movimentos das brisas de terra e de mar manifestam-se, pela manhã, com o aquecimento mais rápido da terra em relação ao mar, devido ao calor específico, formando uma baixa pressão sobre a terra. A força devida ao gradiente de pressão horizontal determina um escoamento do ar do mar para a terra. Na região terrestre aquecida, a convecção dá origem a uma corrente ascendente, escoando da terra para o mar.

À tarde a brisa cessa, pois a terra se resfria e desaparece o contraste de temperatura.

À noite inicia-se a formação de um novo contraste térmico, com o mar permanecendo mais aquecido que o continente. O mecanismo inverte-se, com a formação de uma célula de circulação, o vento em altos níveis soprará do mar para o continente e, em baixos níveis da terra para o mar.

Quanto maior a distância das massas d'água menor efeito da *maritimidade* e maior o efeito de *continentalidade*. Conforme SERRA (1975d), a continentalidade não se define somente pela amplitude anual de temperatura, mas também pela latitude. O mesmo autor, através de estudos justifica que no Brasil não existem climas continentais.

2.1.1 - Climatologia da Região Sul

a) Generalidades

As diferentes combinações dos processos atmosféricos determinam numerosas variações no clima, de local para local, correspondendo a inúmeros tipos climáticos. Não existindo na Terra locais com exatamente a mesma manifestação climática, mas com a finalidade de estudo, os climas são classificados de acordo com suas semelhanças. Segundo VIANELLO e ALVES (1991), denomina-se *região climática* a uma determinada área da superfície da Terra, sobre a qual os efeitos combinados de diversos fatores resultam no conjunto aproximadamente homogêneo de condições climáticas.

Estas *regiões climáticas* identificam-se em diversos tipos, dependendo dos propósitos a que se destinam o estudo das classificações.

Na realização de classificações climáticas adotou-se três enfoques.

O *empírico*, que se baseia na configuração climática observada em um só elemento ou na combinação de vários elementos. Os elementos devem ser relacionados aos propósitos a que se destinam.

O *genético*, que objetiva produzir classificações climáticas de acordo com os fatores de causa.

O *aplicado*, conhecido também como técnico ou funcional, que visa classificar os climas para auxiliar na solução de problemas específicos que envolvam um ou mais fatores climáticos.

De acordo com SERRA (1974 b), a climatologia pode ser dividida em três grandes classificações, como se verifica a seguir:

- *Climatologia Geral* ou *Física*: que estuda os fatores climáticos como causas, descrevendo os efeitos de cada um no clima registrado; define as leis de variação mensal ou horária dos elementos meteorológicos, assim como suas respectivas distribuições.
- *Climatologia Regional*: é descritiva e relacionada com a geografia local, permite fixar o tipo climático de cada região.
- *Climatologia Dinâmica*: dedica-se à influência no clima dos fatores relacionados com a circulação geral e estudados mediante a análise precisa das cartas do Tempo.

Na bibliografia de SERRA (1978), são discutidas várias classificações climáticas. Como o presente trabalho restringe-se a uma análise bioclimática do Estado do Paraná, um detalhamento mais abrangente das classificações climáticas fugiria do intento do mesmo. Procurou-se situar o Estado na climatologia do Brasil e caracterizá-lo segundo a classificação de NIMER (1989).

Adotou-se sua classificação porque o geógrafo brasileiro Edmon Nimer usou, quando classificou as diferentes regiões geográficas brasileiras, diversos critérios, de diferentes autores, no que lhe pareceu mais significativo, fugindo dos critérios tradicionais. NIMER (1989) fundamentou-se em aspectos e índices julgados mais expressivos em cada região brasileira. Enfatiza o autor diversos fatores que atuam sobre as condições do tempo, tanto de ordem estática, como de ordem dinâmica, que no conjunto facilitam o entendimento dos processos climáticos que afetam cada uma das regiões individualmente. Na Figura 2.1 , demonstra-se a divisão climática do Brasil, segundo a classificação de Nimer.

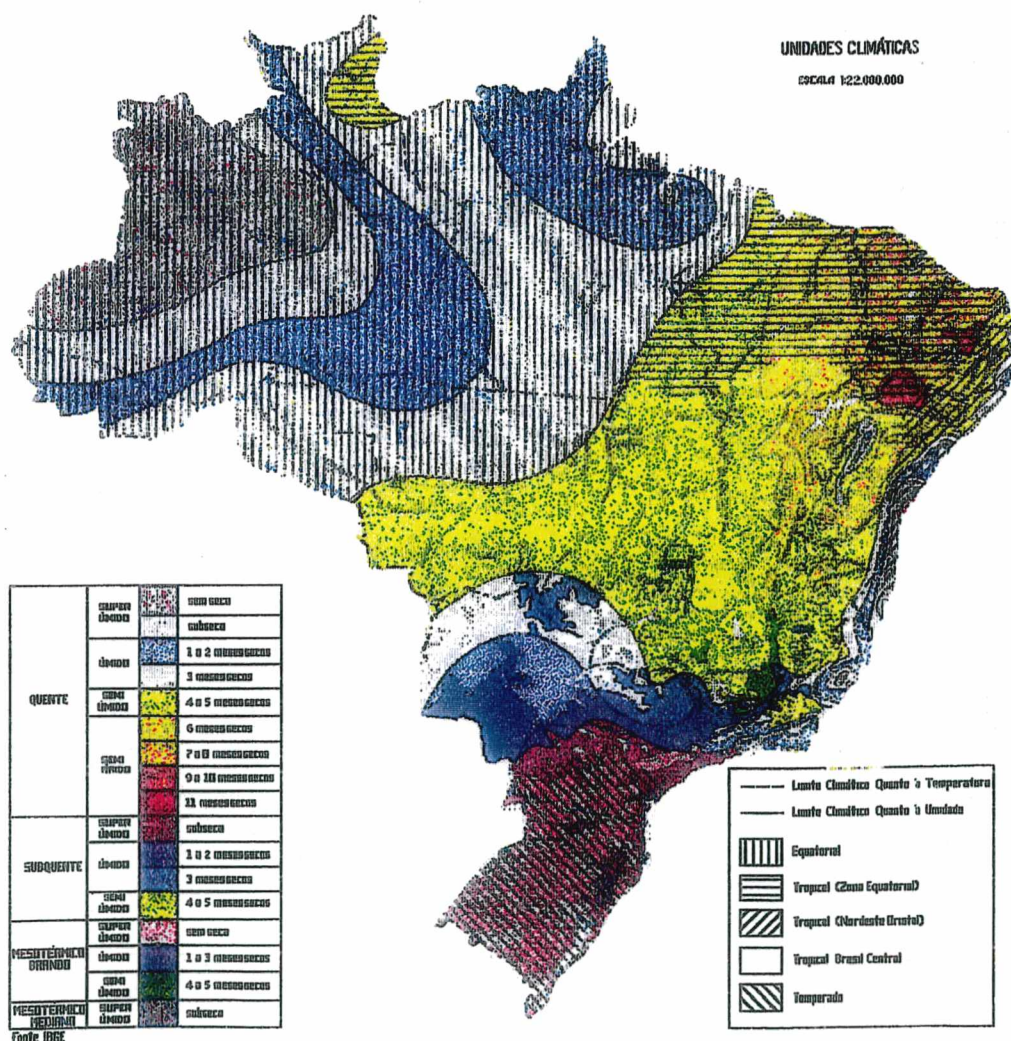


FIGURA 2.1 - Classificação Climática do Brasil, segundo Nimer
Fonte: NIMER, 1989

b) Descrição Climatológica da Região Sul

Na descrição climatológica da Região Sul utilizou-se a classificação de NIMER (1989).

Um aspecto que chama a atenção quanto ao clima regional do Sul do Brasil, é a sua *homogeneidade*. Mesmo não sendo uniforme quanto aos valores e regimes térmicos, a Região Sul do Brasil apresenta uniformidade em relação à pluviometria e ao ritmo estacional.

Na Região Sul há predominância do *clima mesotérmico*, que aparece ao nível do mar, e relaciona-se às latitudes médias, sendo, portanto, do *tipo temperado*.

Os aspectos de homogeneidade e unidade climáticas desta Região devem-se a uma série de fatores e processos que atuam em suas condições de tempo. Para uma maior compreensão dos processos climáticos dessa Região, há necessidade de um anterior conhecimento de seus diversos fatores, que tanto são de ordem *estática*, quanto de ordem *dinâmica*. Os mesmos atuam em simultaneidade e interação, mas para facilitar a compreensão serão examinados separadamente.

Fatores Estáticos ou Geográficos

O território da Região Sul representa apenas 6,78% do território brasileiro. O trópico de Capricórnio passa sobre sua extremidade setentrional, os paralelos de 30° a 34° tangenciam sua terras mais meridionais e está quase em sua totalidade situado no interior da *zona temperada*.

A caracterização de *zona temperada* com o ritmo das estações das latitudes médias bem definidas, fundamenta-se na trajetória aparente do Sol. Quando o Sol caminha em direção ao zênite, a primavera e o verão sucedem ao inverno; quando se afasta, o outono e o inverno sucedem o verão. Esta nitidez diminui em se aproximando do equador, pois nas latitudes baixas o Sol atinge o zênite duas vezes por ano. Já nas latitudes médias ele jamais alcança o zênite. Resulta que esta Região não seja atingida por forte radiação solar.

Pela posição marítima da Região Sul ocorre uma forte e constante concentração de núcleos de condensação nas camadas inferiores de sua atmosfera, contribuindo para o acréscimo da chuva em seu território.

Relevo

O relevo da Região Sul apresenta superfícies elevadas e formas simples.

No litoral há o afloramento de pontões elevados e ilhas. Do norte do Paraná até Laguna, SC, o litoral é compartimentado em pequenas baías e enseadas; de Laguna até o extremo sul do Rio Grande do Sul a planície costeira se alonga e o litoral torna-se mais retilíneo.

Para o interior da Região sucedem-se vastas superfícies elevadas constituindo o Planalto Meridional, localizado pelas altitudes entre 300 e 900 metros.

No Planalto Meridional aparecem numerosas *escarpas* denominadas *serras*, que constituem os níveis mais elevados da Região Sul, entre elas a Serra do Mar, que é uma escarpa muito abrupta com altitudes maiores que 1.500 m.

Também constituem manifestação do relevo desta Região as planícies costeiras, já referidas, e outras áreas baixas, de extensões importantes, principalmente no Rio Grande do Sul. Não obstante a existência das áreas de baixas altitudes, o que mais caracteriza a topografia da Região Sul é a existência de longas extensões de superfícies de planalto.

Com o intuito de complementar a importância do relevo com fator climático demonstra-se na Tabela 2.2 os números relativos em percentual, considerando as zonas hipsométricas, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

TABELA 2.2 - Números Relativos, em percentual, das zonas hipsométricas

ÁREAS SEGUNDO AS ALTITUDES (m)							
ESTADOS	0-100	100-200	200-300	300-600	600-900	> 900	Total
Paraná	1,12	1,46	7,66	37,24	40,33	12,19	100
Santa Catarina	10,82	5,37	7,14	25,39	30,83	20,45	100
Rio Grande do Sul	29,02	24,51	16,90	18,97	8,93	1,67	100

Fonte: NIMER, 1989

Fatores dinâmicos

O conhecimento das influências dos fatores estáticos ou geográficos que atuam no clima de uma região não é suficiente para a compreensão de seu clima. Este não poderá ser compreendido e analisado sem a participação do mecanismo atmosférico,

chamado *fator genético*. Nenhum dos demais fatores já relacionados agem isoladamente, mas sempre em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica.

A Região Sul está compreendida nas latitudes médias na borda do Oceano Atlântico. Por sua posição é atingida pelos *centro de ação* (de alta e de baixa pressão), quer das latitudes baixas, quer das latitudes elevadas. Os centros de alta pressão funcionam como fontes de dispersão de ventos, e os de baixa pressão como centro de atração. Caracteriza-se esta Região, quanto à circulação atmosférica, pela passagem de *frente polar*, o que a deixa sujeita à bruscas alterações de tempo, em qualquer estação do ano. Sendo seu relevo de formas simples, não cria interferências muito grandes às características impostas pelos fatores dinâmicos.

Precipitação

Quanto à altura e regime anual de precipitação pluviométrica a Região Sul inclui-se naquelas cuja distribuição anual do fenômeno das chuvas se faz de forma uniforme e com notável equilíbrio. A *altura média de precipitação anual* varia de 1.250 a 2.000 mm. Portanto, não há no Sul do Brasil nenhum local cuja acumulada de precipitação seja excessiva ou carente.

Novamente as formas simples do relevo regional não interferem a ponto de criar diferenciações muito importantes na pluviometria anual.

Resulta do equilíbrio do regime pluviométrico, que quase todo o espaço geográfico do Sul brasileiro não possui estação seca. Este fato, dos mais importantes na caracterização do clima da Região Sul, constitui um dos fenômenos climáticos que mais contribui para a uniformidade climática desta Região.

Na Tabela 2.3 demonstra-se, em números relativos, as superfícies ocupadas pelo regime de chuvas, curta estação *seca* ou com *subseca*¹, e aquela cuja seca não fica caracterizada.

1 O autor adota o critério de *Gausem e Bagnouls* que consideram *seco* aquele mês cujo total da precipitação em milímetros é igual ou inferior ao dobro da temperatura média [$P \leq 2T (^{\circ})$]. Para a determinação de *subseco* a fórmula $P \leq 3T (^{\circ})$, de *Walter e Lieth*, aplicável aos locais que não possuem sequer 1 mês seco.

TABELA 2.3 - Áreas de regiões de chuvas, números relativos

	Área c/ 1 mês seco	Área c/ ocorrência de Subseca	Área sem Seca	TOTAL
Paraná	7,51	24,87	67,62	100
Região Sul	2,66	8,81	88,53	100

Fonte: NIMER (1989)

Quanto à variabilidade estacional e anual da precipitação pluviométrica, a Região Sul possui os menores desvios anuais do Brasil.

Temperatura

Os principais fenômenos meteorológicos ligados à pluviometria, além de serem unificadores do clima regional, são também responsáveis pela homogeneidade climática desta Região.

Esta atuação individualizada e uniforme é decorrente do caráter uniforme homogêneo de seus fatores climáticos estáticos e dinâmicos. Estes fatores determinam uma certa individualidade e uniformidade no clima regional, no que diz respeito à *temperatura*.

Apesar da diversificação espacial, a temperatura exerce um papel no mesmo sentido da uniformização climática, isto é, o papel de unificação climática exercida pela pluviosidade é reforçada pela temperatura.

O Sol possui um deslocamento aparente em relação aos paralelos terrestres, chamado *marcha zenital do sol*, levando 6 meses para ir de um trópico a outro. Sendo o Sol a fonte de calor da superfície terrestre, é compreensível que a temperatura média de cada mês, apresente uma flutuação ligada à *marcha zenital do Sol*.

Devido a este deslocamento do Sol, nas regiões intertropicais a curva da temperatura média dos meses ao longo do ano, apresenta duas *máximas* e duas *mínimas*, que são a *maior subida* ou a *descida da média térmica* ou *mensal* ao longo do ano. Conseqüentemente a *estação quente* está sempre relacionada ao *solstício de verão*, e a *estação fria* ao *solstício de inverno*.

No verão observa-se que a latitude influencia pouco na distribuição térmica, pois à medida que aumenta a latitude, a inclinação dos raios solares e a duração dos dias em

relação às noites também aumenta. Logo, cabe quase que exclusivamente ao relevo o controle da distribuição geográfica da temperatura durante o verão.

O inverno é uma estação fria, sofre intensas e sucessivas invasões de *frentes polares*, que trazem abundantes chuvas sucedidas por *massas polares*. Os meses de junho e julho são os mais representativos do solstício de inverno, que nas zonas extratropicais é significativo, pelo aumento de duração das noites em detrimento das horas de radiação diurna, pela maior inclinação dos raios solares e pela maior participação da circulação atmosférica de origem circumpolar. No inverno a distribuição da temperatura no espaço geográfico é determinada pela maritimidade, latitude e relevo.

Entretanto, o relevo exerce um papel pouco importante, ficando a maritimidade e a latitude com maior destaque na distribuição geográfica das temperaturas no inverno.

A influência marítima no inverno evita maiores quedas de temperatura e tende a declinar em direção ao interior. A influência da latitude leva a temperatura diminuir do norte para o sul e a influência do relevo na temperatura, é que esta diminui com o aumento da altitude no Planalto Meridional.

Quadro Climático

Segundo o autor, a Região Sul do Brasil é pouco diversificada em sua climatologia. Em quase toda ela destaca-se o *clima mesotérmico superúmido do tipo temperado*, somente o norte do Paraná possui *clima tropical*.

Os fatores estáticos, pelas formas simples do relevo e pelo balizamento na zona temperada, sem se estender muito para o sul, e sem se afastar muito da orla marítima, não favorecem à diversificação climática nesta Região. A tendência à uniformidade e unidade climáticas determinada pelos fatores dinâmicos, que prevalecem sobre os geográficos, tornam o espaço geográfico desta Região homogêneo e uniforme.

Como se observa na Figura 2.2, mesmo com o predomínio do *clima mesotérmico*, deve-se reconhecer pelo menos 3 categorias ou domínios climáticos:

- *clima subquente*: no norte do Paraná e na faixa litorânea do Paraná e Santa Catarina;
- *clima mesotérmico brando*: domina 81,69% do espaço geográfico da Região Sul;
- *clima mesotérmico médio*: compreende apenas 3,04% do território da Região, aparece acima das cotas altimétricas de 1.000m.

Considerando em conjunto os regimes térmico e pluviométrico, os sistemas de circulação atmosférica e as influências dos fatores geográficos representados pelo relevo, tem-se o *quadro climático* da Região Sul, demonstrado na Tabela 2.4, abaixo:

TABELA 2.4 - Quadro Climático da Região Sul

DOMÍNIO CLIMÁTICO	SUBDOMÍNIO CLIMÁTICO	VARIEDADE CLIMÁTICA	TIPO
Subquente	Úmido	c/ 1 a 2 meses secos	Tropical
	Superúmido	com subseca	Tropical
	Superúmido	sem seca	Temperado
Mesotérmico Brando	Superúmido	sem seca	Temperado
Mesotérmico Médio	Superúmido	sem seca	Temperado

Fonte: NIMER, 1989

Na Figura 2.2 visualiza-se o mapa com o clima da Região Sul:

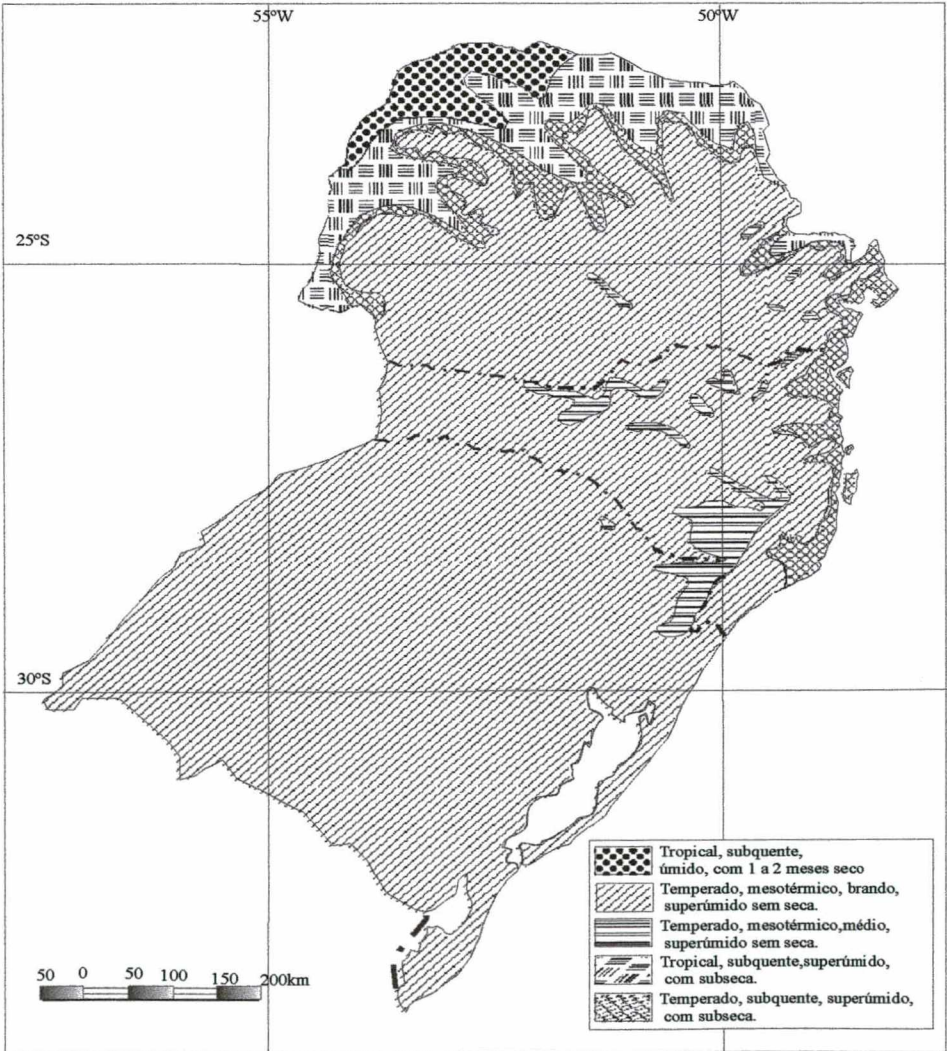


FIGURA 2.2 - Diferenciação Climática da Região Sul
Fonte: NIMER, 1989

2.1.2 - Caracterização do Clima do Estado do Paraná

O Estado do Paraná tem grande parte de seu território enquadrado na caracterização climática do *tipo temperado*, e ao norte possui o clima *tipo tropical*.

Possui este Estado três *domínios climáticos*, o *subquente*, o *mesotérmico brando* e o *mesotérmico médio*.

- *Clima subquente*: neste clima nenhum mês apresenta temperatura média inferior a 15°C, a temperatura do mês mais frio oscila entre 18°C e 15°C, e a temperatura média de janeiro – mês mais quente – situa-se entre 26°C e 24°C. Compreende o norte e o oeste do Estado. O clima subquente do litoral é *superúmido* com *subseca*, enquanto que no interior é *úmido* com 1 a 2 meses de seca.
- *Clima mesotérmico brando*: a altitude exerce um papel muito importante na ocorrência deste clima no Paraná. O inverno neste clima é bastante sensível, e possui pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C. Seu verão é quente, com a média mensal de janeiro (mês mais quente) acima de 22°C podendo atingir raramente a temperatura de 30°C. Dos 81,69% deste clima na Região Sul, o Estado do Paraná tem 21,24% em seu espaço geográfico.
- *Clima mesotérmico médio*: aparece acima das cotas altimétricas de 1.300 metros. Compreende um percentual de 0,33% do total desta classificação na Região Sul. O inverno possui média térmica inferior a 10°C, pelo menos em junho, seu mês mais frio. A estação de inverno nestas áreas costuma extravasar o trimestre junho-julho-agosto, e se impõe de abril a outubro.

Dentro de um critério classificatório de caráter amplo e sem recorrer a critérios de microclimatologia, reconhece-se que as distinções climáticas no Estado do Paraná são bastante notáveis, caracterizando-o como o de maior diversidade climática dos estados da Região Sul.

2.1.3 - Descrição do Relevo do Estado do Paraná

O Estado do Paraná situa-se na Região Sul do Brasil e conforme NIMER (1989), fica evidente a importância e o grau de influência que o Paraná exerce na definição e característica climáticas da Região, principalmente quanto à contribuição dos fatores geográficos, e neles destacando-se o fundamental papel desempenhado pelo relevo.

Baseia-se a descrição do relevo deste Estado em NIMER (1989), e a mesma resumidamente, apresenta-se a seguir.

Na faixa litorânea desde o norte do Estado, aparecem pequenas *baías* e *enseadas*, com destaque para a de Paranaguá.

Para o interior as superfícies formam-se de terrenos cristalinos, sedimentares e de lavas basálticas, constituindo o *Planalto Meridional*. Os terrenos cristalinos no Paraná, formam uma longa faixa, de altitude entre 850 a 950 metros, denominada *Primeiro Planalto* ou *Planalto de Curitiba*, onde se localiza a capital do Estado.

Direcionando-se a oeste esta superfície cristalina é sucedida por uma superfície sedimentar entre 700 a 800 metros de altitude conhecida por *Segundo Planalto*. Neste planalto está localizada a cidade de Ponta Grossa.

Ao final o *Planalto Basáltico*, cuja superfície alcança altitudes em torno de 900 metros a leste, inclina-se suavemente para oeste à calha dos rios Paraná e Uruguai. Constitui-se o *Terceiro Planalto*, que compreende a maior parte de Planalto Meridional. Nimer afirma que as altas superfícies cristalina (Primeiro Planalto) e sedimentar (Segundo Planalto), são importantes na topografia do Paraná.

Somando-se às extensas superfícies elevadas dos planaltos, surgem *escarpas*, chamadas *serras*, com os níveis mais elevados do relevo. No Paraná ergue-se a escarpa Serra do Mar que alcança mais de 1.500 m de altitude, atingindo seu ponto culminante ao longo da baía de Paranaguá, onde o Pico do Paraná atinge 1.962 m, na serra da Graciosa (nome local da Serra do Mar).

Outro acidente topográfico de destaque é a Serrinha, *cuesta* que leva o Segundo Planalto, atingindo de 1.100 a 1.200 m de altitude.

O Estado do Paraná possui uma grande extensão de planalto, com 77,57% de seu território compreendido entre as altitudes de 300 a 900 metros. Com 12,19% pertencentes aos níveis mais elevados das escarpas dos planaltos, restam 10,24% de superfície localizada fora do planalto, ou seja, com altitudes inferiores a 300 m.

Salienta-se que para a determinação do *Zoneamento Bioclimático do Estado do Paraná*, tomou-se o relevo, com as especificações de *zonas hipsométricas*, como referencial de ordem estática, associando-o aos resultados percentuais de *Estratégias Bioclimáticas*.

Na Figura 2.3 apresenta-se o mapa com as unidades de relevo do Estado do Paraná

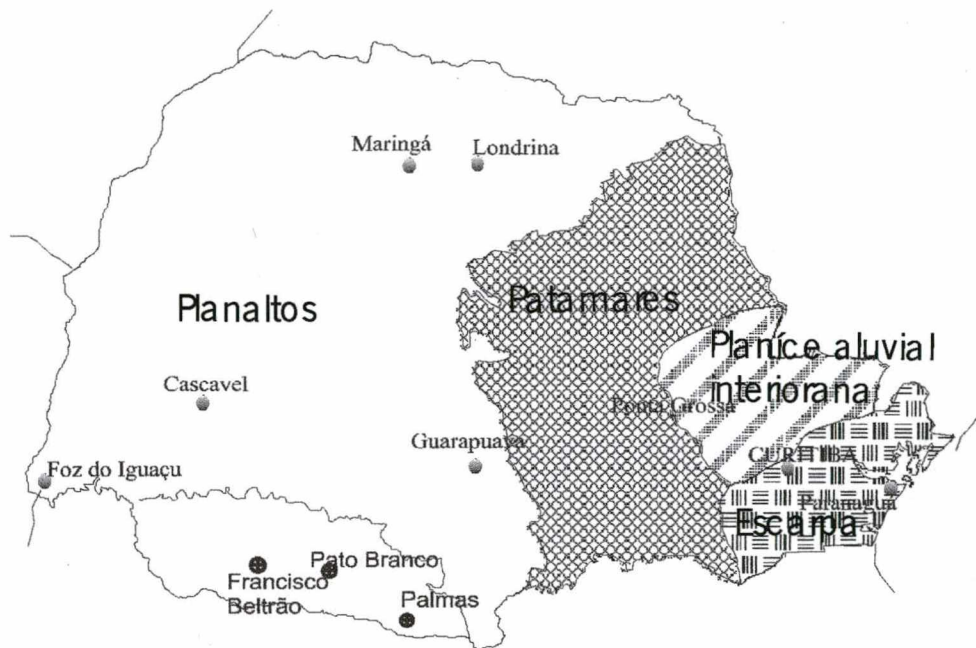


FIGURA 2.3 - Unidades de Relevo - Estado do Paraná

Fonte: IBGE

A utilização da *escala zonal* dos acontecimentos climáticos recomendada, inferindo os espaços climáticos em *local* e *meso clima*, como também a pouca disponibilidade de dados do clima, condicionam a metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho.

2.2 - CLIMATOLOGIA APLICADA

As diferentes combinações dos processos atmosféricos determinam as inúmeras variações no clima de local para local e produzem, correspondentemente, um grande número de tipos climáticos. (VIANELLO e ALVES, 1991)

O número de elementos que se deve combinar em determinada classificação climática depende dos objetivos a que se destina. Na tentativa de melhor entender o clima, surge um ramo da geografia física, a *climatologia*, como uma ciência de síntese

aplicada a um determinado local. A climatologia faz um resumo de ocorrências retrospectivas, subdividindo o clima em uma série de elementos, e procurando entender suas variações através do estudo de suas causas determinantes.

Passando-se para um enfoque mais atual de clima verifica-se que este tornou-se mais específico à área de conhecimento a que se destina o estudo, desencadeando a noção de *Climatologia Aplicada*, que se dedica aos mais variados setores da atividade humana. (UBER, 1992)

Da preocupação com o sistemático desperdício de recursos materiais naturais, e recursos humanos, ambos traduzidos em decréscimo geral da qualidade de vida, surge uma nova aplicação para a climatologia, numa relação direta com o setor de edificações.

De acordo com OLGYAY (1973), há uma seqüência de passos na ação de construir uma edificação adaptada ao clima. O primeiro refere-se ao levantamento de elementos climáticos de um determinado local e a análise destes dados meteorológicos. O segundo trata de avaliar os impactos do clima em termos psico-fisiológicos no homem habitante da região. No terceiro, cada problema conforto-clima deve receber uma solução técnica, estas soluções serão obtidas por métodos de cálculo, onde se analisam: a orientação, uso ou não de sombra, forma da edificação, movimento do ar, e a variação da temperatura interna através do uso criterioso dos materiais.

Destaca SANTAMOURIS (1995), que o desempenho térmico das edificações, além da transferência de calor através dos diversos componentes de sua estrutura, determinada pelas propriedades físicas e térmicas dos mesmos e pelos elementos climáticos a que se expõem (temperatura do ar, radiação solar, umidade e vento), também depende do fluxo de ar por ventilação e/ou infiltração, cujos fatores delimitadores são a orientação, tamanho e posição das aberturas, temperatura do ar e regime de ventos.

Percebe-se, portanto, a importância da análise de dados climáticos como um subsídio inestimável aos projetos de edificações. No entanto, a análise, tratamento e aplicação de dados climáticos na construção civil exige ajustes estatísticos e métodos que modifiquem os registros meteorológicos para instrumentos de fácil manuseio.

Salienta GOULART (1993), que os dados de projetos obtidos através das metodologias de tratamento de dados climáticos podem ser utilizados para computar cargas para dimensionamento de sistemas de ar-condicionado, ou na avaliação do consumo de energia do equipamento, otimizando seu desempenho. Também, conforme a

autora, os dados de temperatura de projeto podem ser usados para cálculo de carga de refrigeração em edifícios, além de serem utilizados em projetos de sistemas de esfriamento evaporativo.

Os dados de um *Ano Climático de Referência* permitem a simulação de edificações hora a hora, resultando em análises mais precisas do consumo de energia, sendo utilizados em programas de simulação. *Graus-dia* e *Graus-hora* são métodos mais simplificados para estimar o consumo de equipamentos de refrigeração e aquecimento mensais e anuais. (GOULART, 1993)

Constata COLUMBA et al (1991), que arquitetos e engenheiros estão cada vez mais sentindo a necessidade do conhecimento de dados climáticos para melhor analisar e detalhar as edificações. Trabalhos com esta característica já se evidenciam no Brasil, e cabe o registro dos esforços dirigidos à análise, representação e uso de dados climáticos, que sendo manipulados adequadamente, trazem variadas possibilidades de respostas às informações climáticas.

Em UBER (1992), é apresentada uma contribuição à caracterização climática de Porto Alegre, RS. São analisados os valores médios horários mensais dos parâmetros climáticos como temperatura, umidade, velocidade e direção do vento e nebulosidade. Uma representação gráfica sintética alternativa é proposta para os mesmos.

Os procedimentos técnicos de avaliação do conforto térmico, com identificação do período crítico de verão, e projeto de dispositivo de sombreamento de aberturas retangulares complementam a análise. As metodologias encontram-se descritas de modo a serem aplicadas, não só em Porto Alegre, mas em qualquer outra localidade.

Encontram-se abordados em GOULART (1993), métodos de tratamento de dados meteorológicos horários registrados no Aeroporto, para Florianópolis, SC. Em uma primeira etapa destaca-se a descrição das variáveis climáticas da referida cidade. Após, faz-se a aplicação das metodologias de tratamento de dados climáticos, onde são obtidas informações de: *Temperatura de Projeto* (ASHRAE), *Dia Típico de Projeto* de Verão e Inverno, *Dia Mensal Típico*, *Ano Climático de Referência*, *Graus-dia* e *Graus-hora*. Os dados obtidos podem ser utilizados por arquitetos e engenheiros na definição de critérios que norteiam o início de projetos mais eficientes do ponto de vista do consumo de energia.

Também GOULART et al (1998), analisa dados climáticos para 14 cidades brasileiras, e de posse dos dados horários e valores extremos de temperatura e das

amplitudes diárias de cada uma das cidades desenvolveu fatores horários. A autora analisou a forma característica de variação da temperatura durante o dia e desenvolveu os referidos fatores que convencionou chamar de *fatores de multiplicação*, que deduzem o perfil diário da temperatura de dada localidade e podem ser usados para a determinação da temperatura horária a partir das Temperaturas máximas e mínimas.

Na seqüência do trabalho relatado acima e, ratificando a importância de se estabelecer critérios de projeto que garantam à arquitetura uma identificação maior com o local, considerando o conforto térmico dos indivíduos, segue GOULART et al (1998), em seu trabalho, analisando os dados climáticos para projeto nas 14 cidade brasileiras. Os dados climáticos horários registrados em aeroportos, correspondem às cidades e respectivos períodos analisados, conforme se evidencia na Tabela 2.5 abaixo.

TABELA 2.5 - 14 Cidades e períodos analisados

CIDADE	PERÍODO ANALISADO
Belém	1961 - 1970
Brasília	1961 - 1970
Curitiba	1961 - 1970
Florianópolis	1961 - 1970
Fortaleza	1961 - 1970
Maceió	1961 - 1970
Natal	1951 - 1970
Porto Alegre	1951 - 1970
Recife	1951 - 1970
Rio de Janeiro	1961 - 1970
Salvador	1961 - 1970
São Luís	1961 - 1970
São Paulo	1951 - 1970
Vitória	1961 - 1970

Metodologias de tratamento de dados climáticos são aplicados para cada uma das cidades acima, dados para projetos e análises térmicas de edificações foram obtidos. E

são os seguintes: *Temperatura de Projeto* - ASHRAE, *Graus-dia / Graus-hora*, *Temperatura BIN*, *Ano Climático de Referência (TRY)*, *Dia Típico de Projeto* de Verão e de Inverno. Também GOULART et al (1998), caracterizou o clima das cidades analisadas através de uma descrição estatística, apresentando valores de médias mensais e anuais, valores máximos e mínimos absolutos ocorridos no período e probabilidades de ocorrências das variáveis: temperatura de bulbo seco; amplitude de temperatura; temperatura média das máximas e média das mínimas; temperatura de bulbo úmido; umidade relativa; conteúdo de umidade e ventos (direção e frequência de velocidades por direção).

Os trabalhos e metodologias já desenvolvidos, podem, inegavelmente servir de base a muitos outros estudos na área, mas com o cuidado de se observar as características climáticas próprias a cada região. Porque o campo da climatologia aplicada ao projeto de edificação abrange a estabilidade estrutural, o funcionamento frente às intempéries, e o conforto higrotérmico e lumínico do ambiente construído, isto é, interação física e socialmente com o homem e a natureza. Além do que, valorizar o microclima inclui cuidados econômicos e ambientais tais como: reduzir custo com refrigeração e calefação, maximizar a durabilidade dos materiais de construção utilizados.

2.3 - BIOCLIMATOLOGIA

Está começando a aumentar a evidência que o conforto térmico não é somente uma questão de regulação dos parâmetros do meio, e que controla instantaneamente o balanço do calor no corpo humano. Ele tem um grande componente que é comportamental e psicossocial. Conforto é uma experiência holística em que a interação entre pessoa e meio é crucial, e as mudanças só serão possíveis com uma solução de engenharia incluindo o social e, especialmente o ambiente arquitetônico. (SANTAMOURIS,1995)

O projeto de arquitetura ambiental é uma manipulação consciente da forma do edifício e propriedades de seus componentes construídos, e correta aplicação dos elementos arquitetônicos, com o objetivo de se obter uma temperatura interna desejável,

umidade, renovação de ar e iluminação, isto é, um alto grau de conforto higrotérmico, com o mínimo consumo da energia convencional. (SANTAMOURIS, 1995)

Logo, considerações fisiológicas e psicológicas estão envolvidas neste contexto, onde a utilização apropriada do projeto associado ao conhecimento do ambiente construído, é a base onde se estrutura a Bioclimatologia, que usa a climatologia aplicada às relações com os seres vivos.

Diante destas considerações, e com a finalidade de expressar a relação de causa e efeito do comportamento humano ante o ambiente térmico, são definidos índices que no contexto desta abordagem enquadram-se como índices biometeorológicos, pois são expressos em termos de elementos de clima, isto é, todas as variáveis do modelo se referem às características dos elementos de clima e tempo, assim como as respostas fisiológicas. Estes índices estabelecem a *Zona de Conforto Térmico*.

Zona de Conforto Térmico é definida como o limite da condição climática, dentro da qual a maioria das pessoas não se sentirão em desconforto térmico, quer no frio, quer no calor. (GIVONI, 1992).

A zona de conforto ASHRAE especifica limites de temperatura e umidade do ar, para pessoas sedentárias, dentro da qual sistemas mecânicos mantêm o clima no interior da edificação. Ela foi construída principalmente para uso em prédios de escritório com ar condicionado, mas também é usada em avaliação do ambiente refrigerado em edifícios residenciais, (GIVONI, 1992). Com base nestas e nas informações de previsão de comportamento térmico das edificações, definem-se as *Cartas Bioclimáticas*, nas quais se associam três informações:

- O comportamento climático do entorno;
- A previsão de estratégias indicadas para a correção desse comportamento climático por meio do desempenho esperado na edificação;
- A zona de conforto térmico.

Cartas bioclimáticas facilitam a análise de características climáticas de uma dada localidade, do ponto de vista do conforto humano. Elas estão presentes numa *Carta Psicrométrica* onde concorrem a combinação de temperatura e umidade para algum clima conhecido. Elas podem, também, especificar diretrizes de projeto de edifícios para maximizar as condições de conforto interno, quando não há condicionamento mecânico.

Muitos métodos de projeto direto que aplicam a bioclimatologia à edificação já foram desenvolvidos. Os métodos descritos a seguir são considerados os básicos e com aplicabilidade ao estudo que se propõe.

OLGYAY (1963), em sua carta bioclimática propõe estratégias de adaptação da edificação ao clima a partir de dados do clima externo. O gráfico possui a zona de conforto indicada no centro e os elementos climáticos indicados com curvas ao redor, as quais fornecem as medidas necessárias de correção para se restabelecer a sensação de conforto. Salienta-se que os valores indicados nas curvas quantificando os elementos climáticos para atingir o conforto são referenciados pelo autor, mas os cálculos demonstrativos de como alcançá-los não são mostrados. Ainda segundo o autor, a avaliação regional de uma situação climática deve aplicar-se ao gráfico bioclimático, colocando-se neste os dados combinados de temperatura e umidade a intervalos regulares, o que mostrará as características gerais da região. Este procedimento pode aplicar-se para dados de condições médias, máximas ou mínimas, conforme o caso.

A definição da zona de conforto é um processo complexo, e deve ser estabelecida de acordo com as diferentes regiões geográficas, já que as regiões climáticas mais quentes elevam os requerimentos térmicos devido à aclimação. Segundo OLGAY (1963), a zona de conforto não tem limites precisos, pois a zona de neutralidade térmica, que se encontra no centro do conforto, varia com o mínimo de esforço e facilmente se passa para uma situação de desconforto. Para definir os limites da zona de conforto da carta bioclimática de Olgyay, foi adotado um critério em que a pessoa na média, não experimenta sensação de desconforto.

Os limites da zona de conforto, dita ideal pelo autor, está compreendida entre as umidade de 30% e 65%. Elementos climáticos como, movimento do ar, pressão de vapor, evaporação, efeitos da radiação, são considerados por Olgyay numa relação com a zona de conforto.

A carta bioclimática de Olgyay é aplicável a habitantes de zona temperada dos Estados Unidos, em localidades com alturas não superiores a 300 metros acima do nível do mar.

De acordo com OLGAY (1963), na elaboração do gráfico bioclimático e a delimitação da zona de conforto para habitantes de zonas temperadas, os fatores levados em conta foram: o indivíduo (pois o conforto varia conforme a idade, sexo, peso), a razão metabólica, dieta, aclimação e vestimenta.

Porém, para zonas tropicais somente as características do indivíduo, razão metabólica e dieta puderam ser tratados da mesma forma. Pois, conforme o autor, o processo de aclimação, em zonas tropicais, deve ser trabalhado de forma menos simplificada, porque as altas temperaturas constantes influem no mecanismo biológico humano, elevando os limites da zona de conforto. Igualmente o tipo de vestuário usado nas regiões quentes deve ser considerado em escala menor que 1 clo, convenientemente aplicado a habitantes de zonas temperadas.

A aplicação da carta bioclimática para regiões dos trópicos se desenvolveu da mesma maneira que para a carta original, construída para a zona temperada dos Estados Unidos.

A interpretação da carta, segundo o autor, se faz da seguinte maneira: a carta bioclimática tem como ordenada a temperatura de bulbo seco e como abcissa a umidade relativa; qualquer condição climática determinada pela temperatura de bulbo seco e umidade relativa, pode ser traçada no gráfico e se o ponto encontrado está compreendido na zona de conforto, tem-se a sensação de conforto na sombra, caso contrário, devem ser tomadas medidas de correção.

Estas medidas são indicadas nas curvas correspondentes aos elementos climáticos e mostram o quanto deve ser empregado de cada um deles para restabelecer a sensação de conforto.

Para o autor, para a aplicação do gráfico bioclimático de cada região, é necessária uma análise detalhada considerando um ciclo completo do clima da região.

Embora reconhecendo-se a importância do método de Olgyay, por ser o pioneiro em estudos de bioclimatologia, ele apresenta algumas limitações.

A metodologia não especifica de maneira prática a curva dos limites superiores (altas temperaturas com altas umidades) tornando-se de difícil aplicabilidade quanto à definição da zona de conforto. Mesmo apresentando as linhas correspondentes aos limites climáticos para estabelecer a sensação de conforto, não esclarece como chegou a estas quantificações. Por ser baseado no clima externo e não no esperado dentro da edificação, a aplicabilidade do método fica limitada.

SZOKOLAY (1986), apresenta zonas de conforto baseadas na temperatura neutra em função da temperatura média externa, sendo seus limites baseados na temperatura efetiva padrão (SET) e na ASHRAE. A neutralidade térmica (T_n) é a temperatura média para uma grande amostra, quando os indivíduos não sentem frio nem

calor. De acordo com o autor verifica-se conclusivamente que a neutralidade térmica é influenciada pelo clima e a correlaciona com a temperatura média externa.

A partir da delimitação da zona de conforto, Szokolay apresenta sugestões de medidas passivas de projeto, denominadas de zonas de controle potencial, baseada originalmente em estudos de Givoni, o qual não os modificou, mas sim os adequou à zona de conforto desenvolvida sobre o conceito da temperatura neutra.

Segundo SZOKOLAY (1986), as zonas de estratégias não são rígidas ou exatas, pois são influenciadas pelo projeto do edifício. Estas zonas refletem métodos passivos, que são:

- Aquecimento solar passivo;
- Efeito Massa (Inércia térmica);
- Efeito Massa com Ventilação Noturna;
- Efeito do Movimento do Ar;
- Resfriamento Evaporativo Direto;
- Resfriamento Evaporativo Indireto.

A zona de conforto e as linhas representativas do clima podem ser plotadas sobre a carta psicrométrica. As seis zonas básicas com potencial de controle podem, então, ser examinadas, verificando-se quais delas cobrirão uma maior concentração das linhas do clima que estão fora da zona de conforto. O tipo de sistema básico poderá ser decidido pelo projetista, que produzirá uma edificação que incorpore o sistema selecionado e forneça os atributos requeridos.

Pode acontecer que mais de uma zona de estratégia de controle esteja sobreposta, cobrindo os pontos considerados. Nesta situação, o método não esclarece se o projetista pode optar por uma das estratégias estabelecida por ele como a mais adequada, ou ainda, utilizar mais de uma estratégia como solução.

O método de Szokolay é bastante flexível, pois define a zona de conforto em função da temperatura média do local, anual ou mensal, sendo de ótima aplicabilidade para avaliar um clima em particular, além disso, o método é bastante didático e de fácil aplicação.

GIVONI (1992), em seu mais recente trabalho atualizou a Carta Bioclimática do Edifício, já desenvolvida por ele em 1969, chamada de carta bioclimática para o edifício,

“*Building Bioclimatic Chart*” (BBCC). Foi desenvolvida para corrigir as limitações do digrama bioclimático idealizado por Olgyay. A principal diferença entre os dois sistemas é que o diagrama de Olgyay é desenhado entre dois eixos, sendo o eixo vertical o das temperaturas secas, e o eixo horizontal o das umidades relativas; enquanto que a carta de Givoni (BBCC), é traçada sobre uma carta psicrométrica convencional.

Nesta carta bioclimática de Givoni, estão demarcados diferentes limites para climas temperados (países desenvolvidos) e para climas quentes (países em desenvolvimento). A carta também sugere limites das condições climáticas dentro das quais várias estratégias de projeto de edifícios e sistemas de resfriamento natural podem garantir conforto térmico interno.

As temperaturas limites à baixa e média umidade são independentes do nível de umidade porque a variação de umidade não afeta o conforto de pessoas sedentárias com roupas leves comuns.

Os limites originais de conforto na carta bioclimática para o edifício foram baseados em pesquisas conduzidas nos Estados Unidos, Europa e Israel. Entretanto, considerando estudos conduzidos em países quentes e com base no fato de que pessoas que moram em países de clima quente e úmido e em desenvolvimento aceitam limites máximos maiores de temperaturas e umidade, sugere a expansão destes limites para estes locais.

GIVONI (1992) afirma que novas pesquisas trouxeram mais informações e base científica para a demarcação das condições climáticas sob as quais diferentes estratégias de projeto para o conforto de verão podem ser aplicadas.

As estratégias de resfriamento passivo propostas pelo autor incluem a *ventilação diurna*, *resfriamento convectivo noturno* e *resfriamento evaporativo direto e indireto*. Como *passivo* Givoni salienta que é a utilização de fontes naturais de resfriamento, mas se alguma energia for necessária para operar o sistema que a transferência de calor seja simples e de baixo custo.

Em climas quentes e secos, em países desenvolvidos, o autor sugere que para condições aceitáveis de conforto, a variação de temperaturas seja de 18°C e 25°C no inverno e de 20°C e 27°C no verão.

Aplica-se o limite máximo de temperaturas em níveis baixos de umidade, abaixo de um conteúdo de vapor de 10 g/kg para pessoas que habitam países desenvolvidos e de 12 g/kg para países em desenvolvimento. O limite máximo de temperatura decresce

progressivamente a altas umidades, tendo-se o limite de umidade em termos de umidade absoluta, o valor de 15 g/kg.

GIVONI (1992) sugere elevar de 2°C a temperatura limite máxima, e de 2 g/kg o valor do conteúdo de vapor, quando se trata de países de clima quente e em desenvolvimento. Para justificar sua adaptação, o autor pondera que os critérios na aceitabilidade da velocidade de ventos diferem para edifícios residenciais e de escritórios - a ASHRAE especifica um limite máximo de 0,8 m/s para o interior de escritórios para não levantar papéis - ; em edifícios residenciais o limite para a velocidade do ar baseia-se no seu efeito para conforto, o que depende da temperatura; na nova carta de temperatura há uma alteração do limite superior da sensação de conforto de 27,0°C para 29,7°C, quando a velocidade do ar é aumentada de 0,1 para 1,5 m/s ; em interiores com velocidade de ventos de 2,0m/s a zona de conforto pode ser estendida para 30°C em países desenvolvidos, e para 32°C nos países de clima quente em desenvolvimento e para pessoas aclimatadas.

Em GOULART et al (1994), efetuou-se uma revisão bibliográfica discutindo o tema Bioclimatologia aplicada ao projeto de Edificações, selecionou-se a carta bioclimática proposta por Givoni em 1992, na qual os limites máximos de conforto foram expandidos. Considerou-se também a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente e em desenvolvimento. Na carta foi combinado o método de Watson e Labs, que usa os dados climáticos das 8760 horas de um ano climático de referência.

Baseada no trabalho acima, GOULART et al (1998), determinou através dos respectivos TRY, os percentuais de estratégias bioclimáticas para 14 cidades brasileiras, onde em cada uma delas, distintamente, as estratégias apresentaram-se de acordo com suas características de temperatura do ar seco e úmido. Com as cartas bioclimáticas produzidas e a análise quantitativa das porcentagens de horas de cada estratégia bioclimática, concluíram os autores que geralmente as cidades estudadas têm grande potencial de estratégias de aquecimento e resfriamento natural, e somente algumas estratégias de aquecimento e resfriamento artificial são necessárias.

De acordo com LAMBERTS et al (1997), a importância de haver adaptação das edificações ao clima vem recebendo mais atenção a partir da crise da energia dos anos 70. A arquitetura internacional influenciando o estilo dos edifícios no Brasil, com imensas fachadas de vidro, levou os autores, com o objetivo de auxiliar os projetistas a resgatarem o conceito de integração clima-edifício. Os autores abordam o tema de

manejo e controle do consumo de energia nas edificações, através de estratégias bioclimáticas, visando principalmente o conforto dos usuários.

Com base em GOULART et al (1994), os autores adotaram a Carta Bioclimática para Edifícios de GIVONI (1992) com suas estratégias de projeto, por apresentar melhores condições de aplicação para o Brasil, pois seu trabalho foi desenvolvido para países de clima quente e em desenvolvimento. Também a metodologia de Givoni adota limites maiores de velocidade do ar para temperaturas mais elevadas, coerentes com a realidade dos países de clima quente e úmido. E o espaço interno pode ser resfriado quando necessário, com menor consumo de energia, já que a temperatura máxima de conforto estabelecida está mais próxima da temperatura externa local.

A metodologia bioclimática adotada para caracterizar o clima do Brasil, e permitir a avaliação do desempenho térmico de edificações, foi adaptada às de clima quente ou clima tropical. Considerou-se pesquisas que indicam a evidência da aclimação de pessoas que vivem com este tipo de clima.

Com o programa computacional *Analysis-Bio*², é possível visualizar dados climáticos sobre a carta psicrométrica e calcular a percentagem de horas no ano, que cada estratégia bioclimática será necessária e apropriada para a localidade em estudo.

Verifica-se, então, no trabalho de LAMBERTS et al (1997), a Carta Bioclimática adotada para o Brasil. É construída sobre o diagrama psicrométrico, onde se relacionam temperatura do ar e umidade relativa, e os dados destas variáveis podem ser plotados diretamente sobre a carta. Identificam-se nove zonas de ação bioclimáticas, a saber:

1. zona de conforto;
2. zona de ventilação;
3. zona de resfriamento evaporativo;
4. zona de massa térmica para resfriamento;
5. zona de ar-condicionado;
6. zona de umidificação;
7. zona de massa térmica e aquecimento solar
8. zona de aquecimento solar passivo;
9. zona de aquecimento artificial

² O programa *Analysis-Bio* foi desenvolvido nos seguintes laboratórios da Universidade Federal de Santa Catarina: **LabEEE** (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações), **LABCon** (Laboratório de Construção Civil) e **LMPT** (Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas dos Materiais).

Na Figura 2.4 demonstra-se a Carta Bioclimática definida para o Brasil, com as zonas de Estratégias Bioclimáticas.

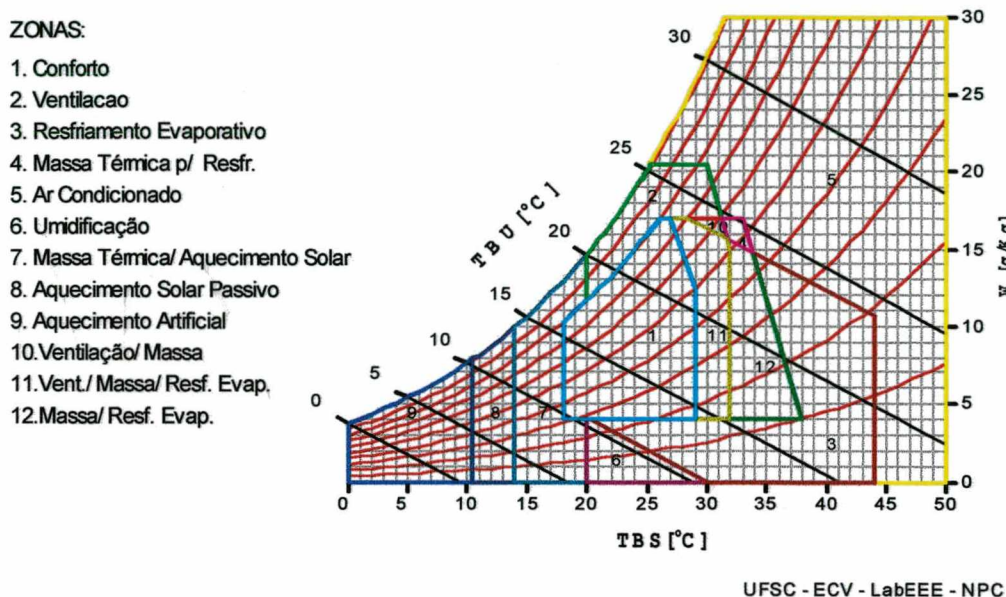


FIGURA 2.4 - Carta Bioclimática adotada para o Brasil

Na arquitetura residencial concentra-se o maior uso de sistemas naturais de condicionamento. Com os dados climáticos plotados em carta bioclimática surgem as indicações bioclimáticas e a possibilidade de se adotar os recursos adequados de projeto, atendendo ao desconforto por frio e por calor. LAMBERTS et al (1997)

Em SANTAMOURIS (1995), encontra-se a orientação da programação a ser seguida quando do interesse de elaborar um projeto arquitetônico visando proporcionar conforto aos ocupantes da edificação. Três aspectos devem ser observados:

- localização da edificação: conhecer o microclima e topografia, observar orientação, ruído e poluição;
- tipo e tamanho dos espaços: a forma e plano interno do edifício influenciam no ganho e perda de calor e as opções de controle solar;
- modelo ocupacional: em conjunto com a localização do edifício, sugere o perfil do aquecimento, resfriamento e cargas de iluminação, relativos às condições externas.

O profissional consciente preocupa-se em atender as observações acima, projetar de maneira a racionalizar o uso da energia e atender à necessidade de resfriamento ou aquecimento do ambiente.

SANTAMOURIS (1995), destaca diretrizes para períodos deficitários de calor - *período de aquecimento* - que são: redução da perda de calor; forma compacta do edifício e organização espacial; atentar ao tamanho das janelas e outros elementos de vidro; evitar o excessivo vazamento de ar; em climas frios, uso de espaços e elementos intermediários para aquecer o ar interno.

Para o período de excesso de calor - *período de resfriamento* - sugere as estratégias de: controle do ganho de calor; uso de árvores e outros elementos da paisagem para sombrear espaços internos e faces do edifício; evitar áreas excessivas de vidraça; preferência à orientação sul para dependências onde o ganho de calor é indesejável todo o ano; evitar o excesso de ventilação diurna quando a temperatura externa está acima do conforto.

Também GOULDING et al (1992), afirmam que há duas grandes estratégias, dependendo do clima regional e da necessidade de aquecimento ou resfriamento. Recomendam para o frio, maximizar o ganho de calor, proporcionando uma boa distribuição de calor e adequado armazenamento do mesmo dentro da edificação. Para o calor, minimizar o ganho de calor, evitando um alto aquecimento, otimizando a ventilação de ar frio e outras formas de resfriamento natural.

Verifica-se em LAMBERTS et al (1997) que as estratégias bioclimáticas são demonstradas através de percentuais de horas do Ano Climático de Referência, agrupadas quanto ao desconforto ao frio e ao calor. Os autores apresentam os limites de temperatura e umidade e soluções de projeto para cada zona da carta bioclimática já salientadas anteriormente. Passa-se, resumida e simplificada a enumerá-las.

1) Zona de Conforto

Nesta zona admite-se que as pessoas sintam-se em conforto térmico no interior do ambiente. Segundo Givoni, para países em desenvolvimento, dentro dos limites de umidade relativa entre 20% e 80%, e de temperatura entre 18°C e 29°C, o corpo humano pode estar em conforto. Com uma temperatura próxima a 18°C, o impacto do vento deve ser evitado, pois pode produzir desconforto. Quando a temperatura aproxima-se de 29°C, a incidência de radiação solar deve ser controlada, a fim de evitar o excesso de calor.

2) Zona de Ventilação

Quando a temperatura do interior ultrapassar os 29°C ou a umidade relativa ultrapassar a 80%, com ventilação melhora-se a sensação térmica.

Em clima quente e úmido, adota-se a ventilação cruzada, desde que a temperatura interior acompanhe a temperatura do exterior, e que os espaços exteriores sejam amplos, para que barreiras edificadas não impeçam a distribuição do movimento do ar. Até um limite de temperatura exterior de 32°C e uma velocidade máxima de ar de 2m/s, a ventilação é aplicável. Além destes limites esta estratégia torna-se indesejável devido aos ganhos térmicos por convecção.

Usa-se o resfriamento convectivo noturno em locais onde a temperatura diurna é superior a 29°C e a umidade relativa é inferior a 60%. Em regiões áridas, nas quais a temperatura diurna varia de 30°C a 36°C e a temperatura noturna fica em torno de 20°C a estratégia citada é indicada. Quando nestas regiões a temperatura diurna é superior a 36°C, a ventilação noturna não é suficiente para proporcionar conforto, utilizam-se outros sistemas de resfriamento, tais como ar condicionado, resfriamento evaporativo ou massa térmica.

Recomenda-se tirar partido da forma da edificação, proporcionando ao máximo a exposição do prédio às brisas de verão com correta orientação do projeto. Igualmente, através de espaços internos fluidos, que permitem a circulação do ar entre os ambientes internos e externos. Permitir, através de aberturas em diferentes níveis, a retirada do ar quente acumulado nos locais elevados do interior da edificação.

3) Resfriamento Evaporativo

A evaporação ao resfriar diretamente os espaços internos demanda boa taxa de ventilação para impedir o acúmulo de vapor d'água e retirada do calor. Portanto, aconselha-se adotar esta estratégia somente quando a T_{bu} máxima não ultrapassa os 24°C e a T_{bs} não excede 44°C.

A retirada de calor do ar através da evaporação de água ou pela evapotranspiração das plantas reduz a temperatura e simultaneamente aumenta a umidade do ambiente. Uma das técnicas usadas é a construção de áreas gramadas ou arborizadas junto à edificação, pois uma parte do calor será consumido na realização da fotossíntese e outra na evaporação da água, formando um microclima que irá refrescar o interior da edificação. Partindo do mesmo princípio pode-se forrar as paredes externas

com vegetais. Recomenda-se usar telhas cerâmicas não vitrificadas. Sua porosidade absorve a água da chuva e do sereno noturno, que é posteriormente evaporada com a incidência do sol. Outra técnica é resfriar as superfícies do edifício. Usa-se umedecer o telhado por meio de tubulações perfuradas instaladas próximas à cumeeira. Também pode-se molhar as áreas pavimentadas junto à edificação em dias muito quentes,.

Usa-se o resfriamento evaporativo indireto em edificações de um pavimento ou no último de vários pavimentos. Fundamenta-se esta técnica na instalação de tanque de água sobre o telhado ou no jardim. Com a evapotranspiração ocorrerá a diminuição da temperatura radiante média no ambiente interior.

A utilização da umidificação do ar faz-se necessária quando a umidade relativa do ar é inferior a 20°C, causando desconforto. Aconselha-se a criação de espelhos d' água junto à edificação.

4) Massa Térmica para Resfriamento

Em locais onde a temperatura do ar excede os 29°C, pode-se utilizar como solução a massa térmica da edificação, que armazena o calor durante o dia e o devolve ao ambiente à noite. De outra parte, quando a estrutura térmica é resfriada durante a noite, na maior parte do dia mantém-se fria, amenizando as temperaturas no interior da edificação.

Usa-se a massa térmica para resfriar o ambiente, sombreando-se as aberturas e evitando-se a ventilação diurna, que traz ar quente para o ambiente interior.

5) Ar Condicionado

Quando em uma região encontram-se T_{bs} maior que 44°C e T_{bu} superior a 24°C, demonstrando uma situação de clima muito severo, então os sistemas passivos de climatização tornam-se ineficientes. Recomenda-se, então, o uso de aparelhos de ar condicionado. Salienta-se que o ar condicionado poderá ser usado como coadjuvante aos outros sistemas passivos, sempre com o objetivo de reduzir o consumo de energia.

É importante observar cuidados para garantir a estanqueidade dos ambientes, evitando a infiltração do ar externo.

6) Umidificação

Ocorre desconforto térmico devido ao ar seco quando a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura inferior a 27°C. Nesta situação utiliza-se a umidificação para melhorar a sensação de conforto.

7) Massa Térmica e Aquecimento Solar

Estando a temperatura situada entre 14°C e 20°C, tem-se duas alternativas para melhorar o conforto. A primeira, massa térmica com ganho solar, equilibra as baixas temperaturas, armazenando o calor solar nas paredes da edificação e este poderá ser devolvido ao interior em horários mais frios. Na segunda alternativa, aquecimento solar com isolamento térmico, evita-se a perda de calor para o exterior, ocasionada principalmente pela cobertura e aberturas.

8) Aquecimento Solar Passivo

Recomenda-se o uso dessa estratégia bioclimática quando a temperatura está entre 10,5°C e 14°C. O isolamento térmico nesta situação deverá ser mais rigoroso, porque as perdas de calor serão maiores.

Emprega-se aberturas laterais ou zenitais com elementos transparentes para permitir o acesso da radiação solar, gerando um efeito estufa benéfico e aquecer os ambientes internos. Com a criação de jardins de inverno o ganho de radiação solar é obtido indiretamente.

9) Aquecimento Artificial

Em situações em que a temperatura seja inferior a 10,5°C, utiliza-se o aquecimento artificial, pois o aquecimento solar passivo poderá não proporcionar o devido conforto. Haverá redução no consumo de energia se associar-se, em conjunto, o aquecimento artificial e o aquecimento solar passivo.

Emprega-se esta estratégia quando a temperatura exterior é inferior a 10,5°C. Procura-se evitar a infiltração do ar externo, promove-se um bom isolamento térmico usando aberturas com vidro duplo e materiais com baixa condutividade térmica nas vedações.

Acontecem interseções entre as zonas de ventilação, de resfriamento evaporativo e de massa térmica para resfriamento. Nesta situação pode-se adotar uma das estratégias ou mesmo usá-las simultaneamente.

Fica evidente nas orientações e exigências de uso das estratégias bioclimáticas explicitadas acima, que, como afirmam IZARD e GUYOT (1983), uma boa arquitetura bioclimática é aquela que permite que a edificação se beneficie dos ambientes interiores próximos ao conforto, para uma margem de variação das condições exteriores bastante ampla, sem o recurso de condicionamento artificial. Sustentam os autores que a concepção bioclimática da arquitetura exige que se ponham em prática métodos de concepção e técnicas de construção diferentes das hoje comumente admitidas.

Conforme afirmam IZARD e GUYOT (1983), o exercício da concepção da arquitetura bioclimática permite reconciliar a forma, a matéria e a energia, que até agora eram tratados separadamente e por profissionais diferentes. A integração efetiva de todos estes parâmetros somente pode efetuar-se com a ajuda de instrumentos de síntese, tais como diagramas bioclimáticos, os quais servem de guia para saber eleger, a partir das características do clima local, as exigências de conforto térmico e o que se conhece sobre a resposta de certos tipos de estruturas. Os autores também salientam que mesmo com pouco conhecimento do clima da região onde será inserido o projeto, é possível realizar construções inspiradas na bioclimatologia. Mas alertam que a imitação pura e simples de certos modelos, sem a devida preocupação com a diversidade climática, traduzem-se em resultados opostos aos objetivos propostos, e maculam o princípio essencial da bioclimatologia: “construir com o clima”.

Uma pergunta que os usuários não deixam de fazer é o custo da concepção bioclimática. Para responder este questionamento IZARD e GUYOT (1983), distinguem os custos do projeto, o interesse econômico global e os sobre-custos de intervenções isoladas. No que concerne aos custos de projeto, afirmam que para um arquiteto acostumado a estas concepções não há custos adicionais. Mas como se trata de algo novo somente após algumas experiências os profissionais poderão facilitar este suplemento de qualidade sem acrescentar os honorários.

É muito delicado resolver este problema; o princípio a seguir é que todo novo gasto destinado a melhorar o rendimento energético com uma solução bioclimática deve confrontar-se com que é capaz de aportar em um plano energético. O interesse econômico da bioclimatologia é evidente quando se analisa o plano global e a relação

custo-benefício. O custo inicial da construção poderá ser superior aos das edificações convencionais, mas trará um bem estar em termos de conforto ambiental aos usuários que compensará este investimento. (IZARD e GUYOT,1983).

2.4 - ZONEAMENTOS BIOCLIMÁTICOS NO BRASIL

Como já mencionado anteriormente, em nosso país não há normalização que aponte diretrizes e critérios de conforto ambiental. Mas desde há muito tempo pesquisadores e estudiosos da área preocupam-se em elaborar normas e determinar um zoneamento bioclimático para o território nacional. Instituições públicas e privadas aliaram-se neste objetivo e passaram a incentivar estes trabalhos. Surgem, então, relatórios, textos para discussão com o intuito da formulação de documentos que preencham esta lacuna. Serviram também como orientação trabalhos de pesquisa em pós-graduação abrangendo o tema de zoneamento bioclimático. A seguir traça-se, resumidamente o histórico, metodologias e conclusões destes documentos.

Na década de 80 o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A (IPT) elaborou, por solicitação do então BNH (Banco Nacional de Habitação), um documento preliminar com o objetivo de avaliar o desempenho de habitações térreas unifamiliares. O documento apresenta os requerimentos e critérios de desempenho dos elementos da edificação para a situação de inverno e para a de verão, independente da zona climática. Para o inverno determinou-se 09 zonas climáticas e para o verão 11 zonas.

Tanto para o inverno quanto para o verão os elementos são os mesmos; indica-se requisitos para as fachadas, janelas, portas externas, coberturas e pisos, além do que para o verão prevê requisitos de sombreamento. Os requisitos destes elementos têm como objetivo manter a temperatura do ar interior em níveis aceitáveis, garantir as condições de conforto térmico no ambiente interno.

Os requisitos são alcançados através de critérios limites, de acordo com a zona climática, com valores de *admissividade térmica*, *resistência térmica* e *coeficiente de transmissão térmica* para os elementos de fachada e cobertura. Com as janelas a preocupação concentra-se no uso ou não de vidros, dimensão e proteção da área

envidraçada, estanqueidade ao ar e controle da ventilação da janela. Em relação às portas externas há somente a recomendação de observarem a estanqueidade do ar. Para o piso os critérios indicam resistências térmicas para o piso em contato com o solo. Também cuidados com o revestimento, os quais não deverão causar sensação de desconforto térmico no contato dos pés com o mesmo.

Para o verão, os requisitos são basicamente os mesmos. Há diferença nos critérios das janelas que indicam dimensão da área transparente e cuidados com a orientação, além da indicação de dispositivos de sombreamento das áreas transparentes , para que a radiação solar direta possa ser evitada, de acordo com a latitude, em períodos e horários especificados.

Na Figura 2.5 demonstra-se o zoneamento climático para inverno, dentro da metodologia citada acima.

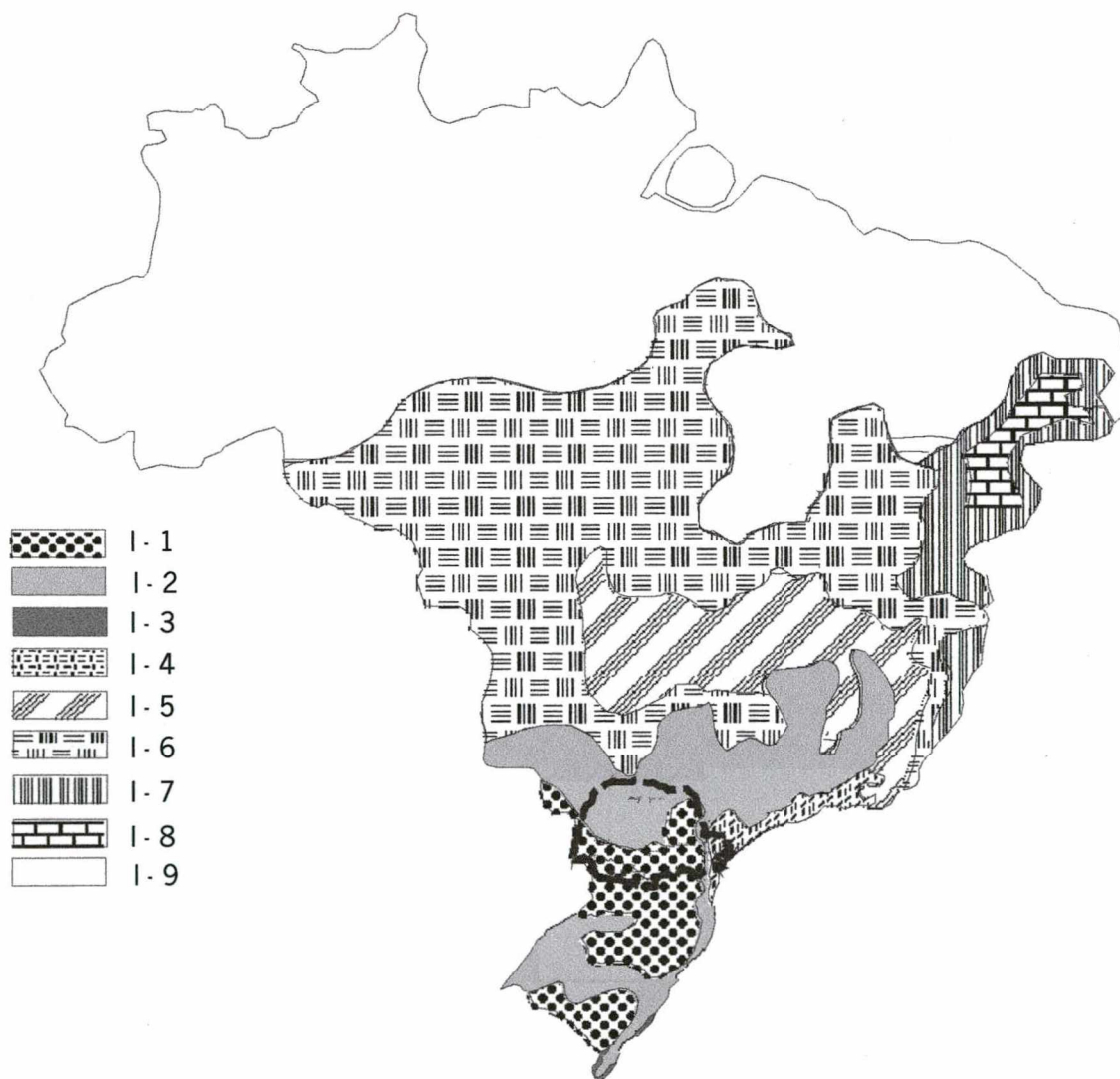


FIGURA 2.5 - Zoneamento Climático de Inverno - Destaque Estado do Paraná
Fonte: IPT, (198-)

No Paraná destacam-se 3 zonas climáticas de inverno: I-1; I-2; I-4.

A zona I-1 contempla a maior parte do Estado, abrangendo os relevos denominados Planície, toda a área do relevo Patamares e mais a parte sul e sudoeste do Planalto. A zona I-2 compreende a região norte do relevo Planalto. Já a zona I-4 tem uma menor representatividade

As recomendações de edificações que atendam os requisitos referentes a estas 3 zonas são: quanto às paredes, a indicação de casas geminadas e o uso de colchões de ar ou materiais isolantes; quanto às janelas o uso obrigatório de vidro para as zonas I-1, I-2, - com dimensões pequena e média de área envidraçada - e optativo para a zona I-4, com qualquer dimensão da área envidraçada.

Na figura 2.6, visualiza-se o zoneamento climático para o verão.

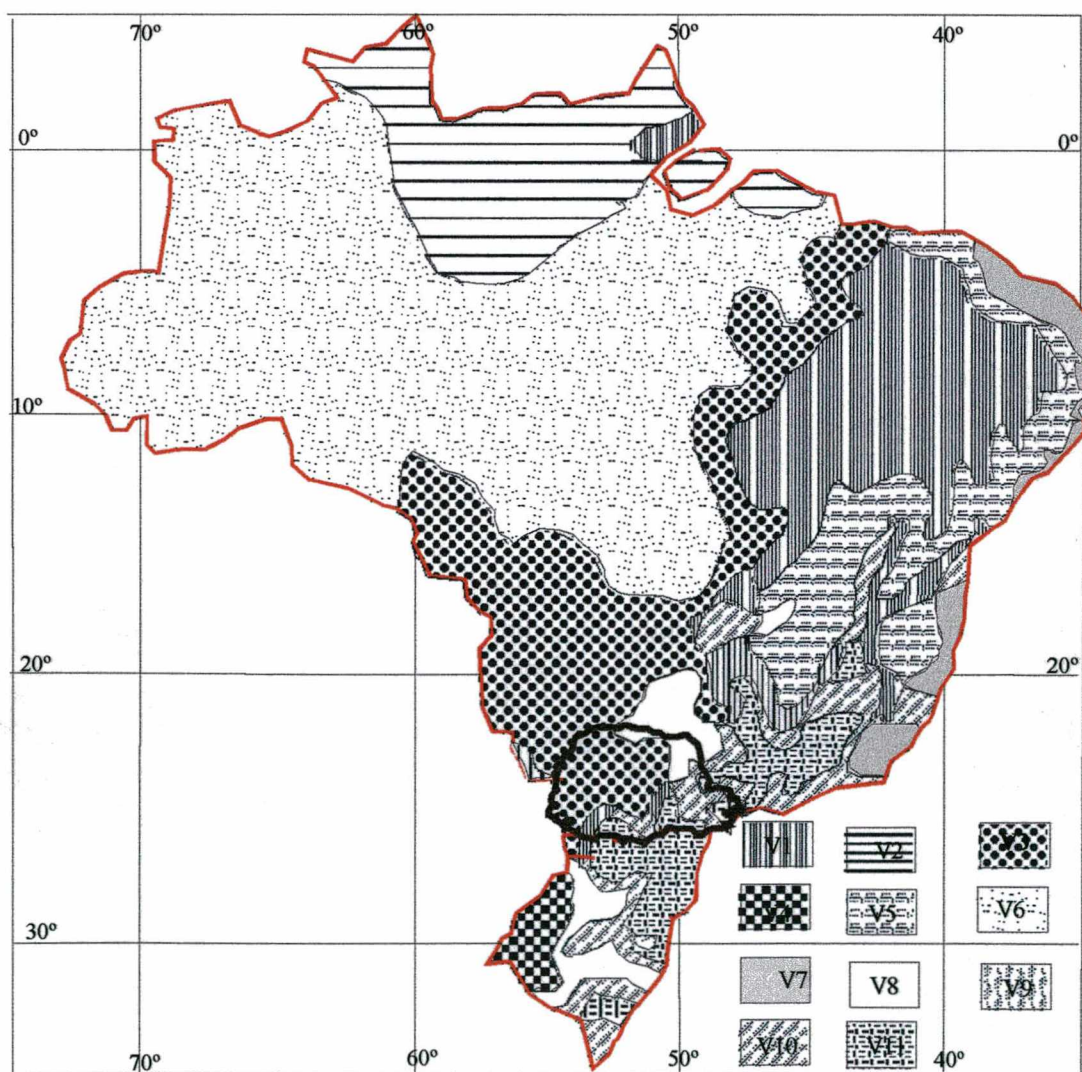


FIGURA 2.6 - Zoneamento Climático de Verão - Destaque Estado do Paraná
Fonte: IPT, (198-)

Na figura 2.6, percebe-se que no estado do Paraná destacam-se cinco zonas de verão, que são: V1, V3, V8, V10 e V11

A zona V3, a mais ampla, abrange todo o norte, centro e sudoeste do relevo Planalto; V10, situa-se no relevo Planície; V8 no norte do relevo Patamares; V11 no sul do relevo Planalto e Patamares; V1 no sul dos relevos Patamares e Planalto.

Para as cinco zonas de verão especificadas, uma área grande transparente da janela deverá ter sempre uma proteção. Na zona V8 não se recomenda janelas cuja área transparente seja composta totalmente de vidros fixos, e a área de janela destinada à ventilação deverá ter pelo menos 50% da área transparente. Nas zonas V3 e V10 a orientação preferencial de fachadas com janelas são sul, norte e leste, nesta ordem de preferência, não se recomenda nesta zona a orientação oeste. Salienta o texto que na zona V3 a ventilação é fundamental no conforto térmico. A zona V11 não sofre restrição quanto à orientação solar das janelas.

SILVA (1994), elaborou o *Zoneamento Bioclimático Brasileiro Para Fins de Edificação*, como tema de sua dissertação de mestrado. A partir das Normais Climatológicas de 1961 a 1990, publicadas em 1992 pelo Departamento Nacional de Meteorologia (DNMET), com dados de 204 estações meteorológicas SILVA (1994), utiliza a Zona de Conforto e as estratégias bioclimáticas de resfriamento estabelecidas por GIVONI (1992), em sua versão da *Building Bioclimatic Chart (BBCC)*, para habitantes de países quentes em desenvolvimento. As estratégias bioclimáticas de aquecimento basearam-se nos estudos de Gonzales para a Venezuela, e de Evans para a Argentina. As Normais utilizadas foram:

- médias das temperaturas máximas mensais;
- médias das temperaturas mínimas mensais;
- médias das umidades relativas mensais.

Destes dados resultaram:

- amplitudes térmicas médias mensais;
- médias das umidades máximas mensais;
- médias das umidades mínimas mensais.

SILVA (1994), utilizou as temperaturas e umidades médias para verificar a satisfação do bem-estar higrotérmico e determinar o Zoneamento Bioclimático em função dos desvios da zona de conforto. Considerou situação de conforto um desvio

nulo ($=0$), com tolerância de $\pm 0,5$. Usou as amplitudes térmicas mensais para especificar o clima e as características básicas do envelope da edificação e determinar o Zoneamento Bioclimático para fins de edificações, em função das estratégias de projeto bioclimático que satisfizessem às condições interiores de conforto.

Especificamente diz o autor que ... “Mesmo utilizando-se normais mensais procurou-se fazer com que as temperaturas fossem o mais significativas possível. Por isso, quando da análise mensal das normais de determinada estação meteorológica, foram tomados o *maior valor* ($T_{\text{máx}}$) e *menor valor* ($T_{\text{mín}}$), respectivamente, quando as normais representavam a média das máximas e a média das mínimas.” pág. 46.

Verifica o autor as médias das *amplitudes térmicas mensais*, e salienta que a amplitude térmica, sendo uma das mais importantes variáveis na especificação do envelope da edificação, experimenta íntima relação com o grau de maritimidade e continentalidade, grau de umidade, nebulosidade e com a massa vegetal de determinada região. Com a finalidade de comparar as estratégias de resfriamento obtidas, considera a amplitude que ocorre no mês de $T_{\text{máx}}$ e a calcula pela diferença entre $T_{\text{máx}}$ e a média das temperaturas mínimas do mês correspondente.

Na determinação das estratégias bioclimáticas, usou o critério de que todos os desvios de conforto, quando maiores de $0,5^{\circ}\text{C}$, foram recalculados considerando as expansões da zona de conforto. Aborda as estratégias da seguinte maneira:

Estratégias de Resfriamento

Os desvios foram recalculados para três novas situações:

- ventilação cruzada com velocidade de 2m/s ;
- massa térmica e resfriamento convectivo noturno;
- resfriamento evaporativo direto ou indireto

Cada uma das estratégias foi obtida individualmente e subdividida em somente duas classes:

- *Conforto* (de 0 a $0,5^{\circ}\text{C}$)
- *Sem conforto* (maior do que $0,5^{\circ}\text{C}$)

A seguir todas foram cruzadas em um único plano de informação, juntamente com a faixa de conforto, desvio de 0 a $0,5^{\circ}\text{C}$.

Estratégia de Aquecimento

A estratégia recomendada é o *aquecimento solar passivo* como solução ao desconforto frente ao frio, temperatura de 10°C . Recalcula-se os desvios e cruza-se com a zonas de conforto (de -0,5 a 0°C), gerando uma imagem de três classes: onde o aquecimento solar passivo é suficiente, onde não é suficiente e onde não há a necessidade de aplicação desta estratégia

- **Análise das imagens**

a) Amplitudes térmicas durante T_{máx}

As amplitudes que ocorrem no mês de T_{máx} são resultado da diferença entre T_{máx} e a *média das temperaturas mínimas* do mês em questão, que resultaram em 7 classes. O autor faz a distribuição geográfica das *máximas amplitudes térmicas mensais* por região.

b) Estratégias de Resfriamento Passivo

Oito classes distintas quanto à aplicabilidade das estratégias de resfriamento passivo:

1. *Estratégia Inexistente;*
2. *Sem preocupação;*
3. *Ventilação Cruzada;*
4. *Massa Térmica;*
5. *Resfriamento Evaporativo;*
6. *Ventilação Cruzada ou Massa Térmica;*
7. *Massa Térmica ou Resfriamento Evaporativo*
8. *Qualquer Uma das Estratégias*

c) Estratégia de Aquecimento Passivo:

Classe 1: *Estratégia Inexistente*

Classe 2: *Aquecimento Solar*

Classe 3: *Sem Preocupação*

- **Zoneamento Bioclimático de Edificações**

Da mesma forma que se cruzaram os desvios de conforto para a obtenção do *zoneamento bioclimático*, cruzam-se as estratégias de resfriamento e aquecimento para a obtenção de um *zoneamento bioclimático de edificações* que as caracteriza frente ao frio e ao calor.

As estratégias reclassificaram-se em 5 classes:

Classe 1: *Estratégia Inexistente (condicionamento artificial)*;

Classe 2: *Sem Preocupação (conforto)*;

Classe 3: *Ventilação Cruzada*;

Classe 4: *Massa Térmica*;

Classe 5: *Resfriamento Evaporativo*

Desta forma o *zoneamento bioclimático para fins de edificação*, para o Brasil, obtido do cruzamento das *estratégias de resfriamento bioclimático* (reclassificadas) e das *estratégias de aquecimento bioclimático*, possui 13 zonas bioclimáticas de edificações.

O autor sempre apresenta os resultados por regiões geográficas brasileiras, logo, apresenta-se na tabela abaixo as zonas obtidas para a Região Sul.

TABELA 2.6 - Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Sul

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIAS de RESFRIAMENTO	ESTRATÉGIAS de AQUECIMENTO	ÁREA RELATIVA
ZONA B	Sem Preocupação	Inexistente (A/C)	38,19 %
ZONA C	Ventilação Cruzada	Inexistente (A/C)	43,48 %
ZONA D	Massa Térmica	Inexistente (A/C)	1,36 %
ZONA F	Sem Preocupação	Aquecimento Solar	2,62 %
ZONA G	Ventilação Cruzada	Aquecimento Solar	14,30 %
ZONA H	Massa Térmica	Aquecimento Solar	0,05 %

Fonte: SILVA – 1994

Como o presente trabalho objetiva realizar o zoneamento bioclimático do Estado do Paraná. Destaca-se somente o citado estado na figura abaixo:

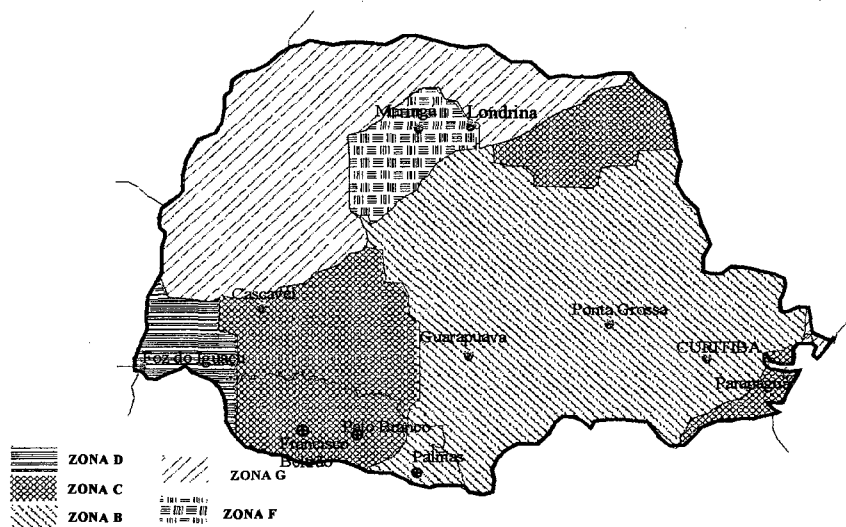


FIGURA 2.7 - Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação no Estado do Paraná
Fonte: SILVA – 1994

Verifica-se a existência de cinco zonas bioclimáticas no estado do Paraná, que são: B, C, D, F e G. Com as zonas B e F não deve haver preocupação quanto à estratégias de resfriamento, isto é, estão em conforto. Já as zonas C e G exigem a estratégia de resfriamento ventilação cruzada, e a zona D a estratégia de massa térmica. Somente para as zonas F e G indica-se estratégias de aquecimento que é aquecimento solar. Consta-se que a maior área do Estado enquadra-se na zona B, onde a preocupação com resfriamento não deve existir e o aquecimento deverá ser feito artificialmente. A zona B abrange todos os relevos, mas toma uma parte mínima do Planalto.

No ano de 1997, concretiza-se pelo IPT, um texto para discussão, com critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. Este trabalho realizou-se com o financiamento da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), dentro do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (PBQP).

Para a realização da avaliação do desempenho térmico salientam-se etapas de caracterização que são: das exigências humanas de conforto térmico; das condições típicas de exposição ao clima; da edificação e sua estrutura e do comportamento térmico da edificação.

Pela caracterização climática foi proposto um zoneamento bioclimático de referência, baseado nas médias mensais das temperaturas máximas e mínimas diárias, na amplitude térmica anual média e na umidade relativa média anual. Os dados foram obtidos de 158 estações meteorológicas da rede do DNEMET - Publicações "Normais Climatológicas (1931 a 1960)", e por rede de coleta de dados do Estado de São Paulo. Caracterizaram-se 08 Zonas Climáticas.

Com o zoneamento climático determinado passa-se a definir os critérios de desempenho. Resumidamente apresentam-se a seguir.

Os critérios de desempenho seguiram limites de temperatura do ar determinados pela ISO 7730, e os seguintes parâmetros de conforto:

- taxa de metabolismo: 47 W/m² e 70 W/m²;
- índices de resistência térmica total de roupas: 0,35- 0,80- 2,00 Clo;
- umidade relativa do ar: 40% a 60%;
- temperatura radiante média do ambiente: igual à temperatura do ar.

Com essas variáveis fixadas, as condições de conforto serão produzidas, com a temperatura do ar estando no intervalo de 12°C a 29°C, de acordo com os seguintes dados:

- Temperatura máxima de conforto para o verão:

29°C, velocidade do ar= 0,5 m/s, roupas leves, execução de serviços leves;

- Temperatura mínima de conforto para o inverno:

17°C, velocidade do ar < 0,25 m/s, roupas típicas de inverno durante o dia, execução de serviços leves,

12°C velocidade do ar < 0,25 m/s, pessoa dormindo, durante a noite, com roupas pesadas ou cobertores.

Sob essas condições de conforto, estabeleceram-se três níveis de desempenho térmico da habitação (A, B, C), tanto para o inverno como para o verão. Tabelas foram elaboradas com o objetivo de orientar e indicar os respectivos níveis de desempenhos térmicos de diferentes sistemas construtivos para as diferentes regiões climáticas.

As 08 zonas referidas acima demonstram-se na Figura 2.8 , abaixo

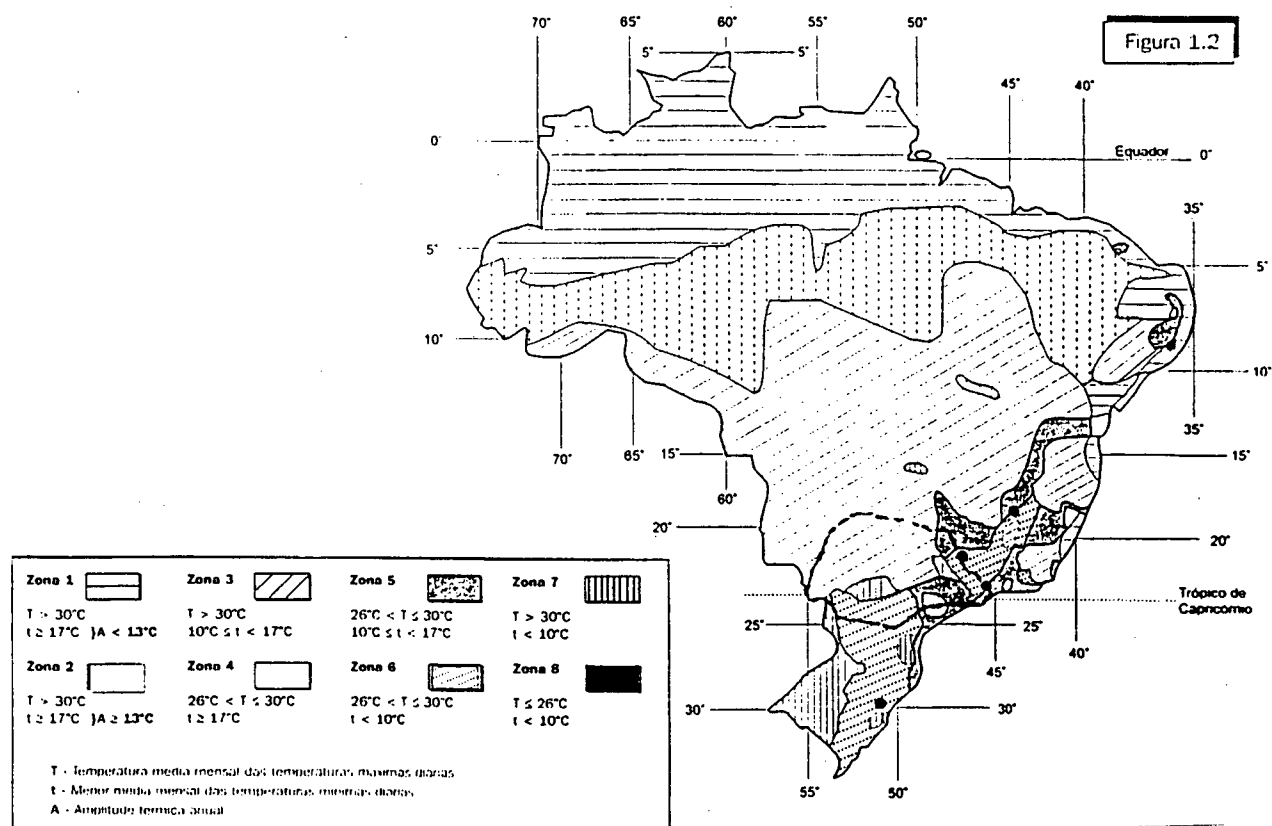


FIGURA 2.8 - Zoneamento Bioclimático do Brasil - Destaque Estado do Paraná

Fonte: Texto para Discussão, 1997

Destacam-se no estado do Paraná, as zonas: 6 com uma área de abrangência mínima, mais as zonas 3, 5, 7. Sendo que a zona 3 engloba a maior parte do território do referido Estado e domina o relevo denominado Planalto e região norte do relevo Patamares. O texto salienta que nas zonas 6 e 7 as condições de exposição são mais rigorosas no inverno, implicando, em condições naturais, que as edificações apresentem nesta estação a necessidade de aquecimento dos ambientes, para proporcionar condições de conforto térmico aos usuários. Quanto às zonas 3 e 5 o texto não faz recomendações de medidas para obtenção de conforto como indica às demais zonas, todavia no quadro explicativo verifica-se que: na zona 3 a temperatura média mensal das máximas diárias é superior a 30°C e na zona 5 está entre 26°C e 30°C ; a menor média mensal das temperaturas mínimas diárias situa-se no intervalo de 10°C a 17°C nas duas zonas.

Na sequência, ainda em 1997, a FINEP, financia o Projeto de Normalização em Conforto Ambiental, desenvolvido na UFSC, com o título: *Desempenho Térmico de Edificações: Procedimento para avaliação de habitações de interesse social*. Este texto

faz parte do conjunto de projetos de Normas de Desempenho Térmico de Edificações. Os objetivos deste texto são, além de estabelecer um zonamento bioclimático e um procedimento simplificado para avaliar o desempenho térmico de edificações térreas de interesse social, garantir limites mínimos de conforto térmico, indicar diretrizes para projeto nas diferentes zonas bioclimáticas.

Os procedimentos de análise bioclimáticas foram adaptados do Método Mahoney. Estas adaptações visaram tornar a metodologia original mais simples, evitar o excessivo número de zonas bioclimáticas e reduzir o rigor das exigências requeridas aos sistemas construtivos.

Destacam-se no zoneamento bioclimático do referido trabalho, 09 diferentes zonas, que resultaram de variáveis climáticas obtidas para 6.500 células quadradas em que o território brasileiro foi dividido. As variáveis consideradas foram:

- Latitude, Longitude e Altitude;
- Médias mensais das temperaturas máximas do ar;
- Médias mensais das temperaturas mínimas do ar;
- Médias mensais das Umidades Relativas do ar.

Utilizou-se dados medidos para 331 células (206 cidades: Normais Climatológicas 1961/90; 125 cidades: Normais 1931/60). Para as células restantes o clima (temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa) foi estimado por interpolação.

Elaborou-se planilhas para análise e classificação bioclimática, levando em consideração o clima, elaborando-se o diagnóstico, estabelecendo-se indicadores, recomendações e parâmetros para o projeto da edificação. Após a aplicação da planilha para a localidade desejada, a mesma é enquadrada em um código que corresponde a uma determinada Zona bioclimática. Surgem então, as recomendações tecno-construtivas.

RORIZ et al (1998) no Projeto Inovação Tecnológica (Convênio ITQC/SEPURB/CEF), elaborou estudos com o objetivo de estabelecer um Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Adaptações foram introduzidas nas metodologias anteriores, com o fim de adequá-las à realidade brasileira; simplificações são feitas com redução do número de zonas bioclimáticas e transformação das exigências construtivas a critérios menos rigorosos.

O *Relatório Interno* que culminou deste trabalho, acrescenta ao documento anterior o método Givoni, e redonda em 08 zonas bioclimáticas, resultado do estudo climático de 331 cidades brasileiras. Demonstram-se na Figura 2.9, o Zoneamento Bioclimático do Brasil, com destaque para o Estado do Paraná.

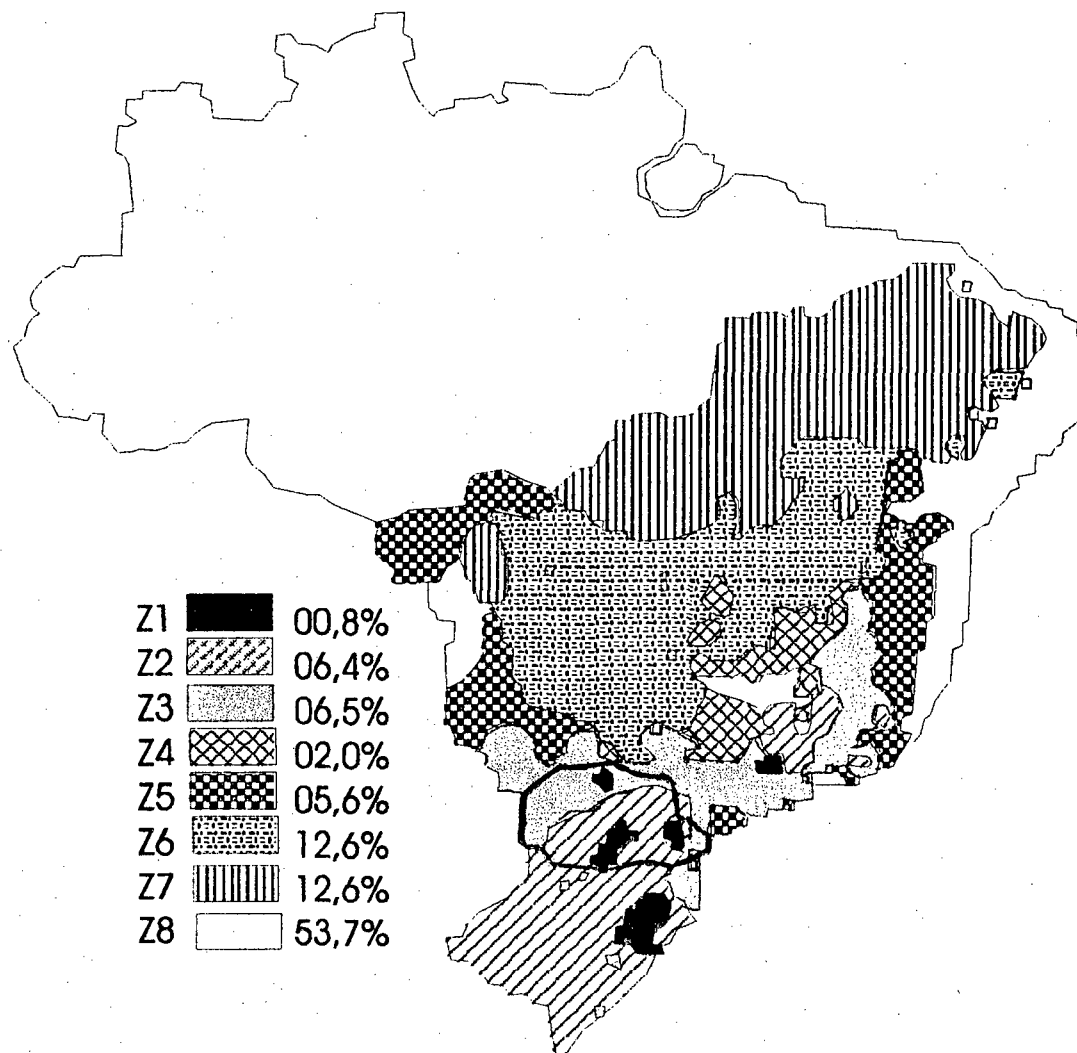


FIGURA 2.9 - Zoneamento Bioclimático do Brasil - Destaque Estado do Paraná

Fonte: Relatório Interno (dezembro/1998 - UFSC)

As zonas que abrangem o estado do Paraná são a Z1, Z2, Z3. A zona Z3 estende-se desde oeste e norte, com pequena área ao leste do estado, atingindo os relevos Planalto, Patamares e Escarpa. A zona Z2 atinge o centro- do estado, estendo-se por todos os relevos. A zona Z1 contribui com pequenas parcelas ao norte, centro, leste e sul do estado.

As exigências quanto às características tecno-construtivas destas zonas demonstram-se na Tabela 2.7, a seguir:

TABELA 2.7 - Exigências quanto ao desempenho térmico do projeto habitacional para cada Zona Bioclimática

Zona	Tamanho das Aberturas	Sombreamento das Aberturas	Parede Exterior	Tipo de Cobertura
Z1	médias	sol no inverno	leve refletora	leve isolante
Z2	médias	sol no inverno	leve refletora	leve isolante
Z3	médias	sol no inverno	leve refletora	leve isolante

Fonte: RORIZ et al (1998) - Relatório Interno - Resumo do original

Já que a análise específica destes trabalhos referenciados ao Estado do Paraná realizou-se após a exposição dos mesmos, faz-se a seguir, observações sintetizadas sobre os aspectos de metodologia e recomendações dos trabalhos de uma maneira geral.

No método utilizado pelo IPT, são dadas recomendações de uso de tabelas e indicações de cálculos dos fatores de desempenho térmico, trazendo a desvantagem de conduzir os profissionais da área à várias fórmulas, tabelas e exigência de conhecimento dos fenômenos térmicos e mecânicos dos materiais, o que levaria à desmotivação e a necessidade de uma especificidade maior na área.

Em SILVA (1994) nota-se a preocupação, inexistente no trabalho citado anteriormente, em analisar mais significativamente as variáveis climáticas tais como médias mensais das temperaturas extremas, amplitudes médias mensais e médias mensais das umidades extremas, com a utilização de Normais Climatológicas de 204 cidades brasileiras. Houve, igualmente, a utilização de estratégias bioclimáticas para resfriamento e aquecimento. Todavia, a partir de dados de tão somente 204 cidades, houve, para todo o território nacional, determinação de um Zoneamento Bioclimático em função de zonas de conforto; um zoneamento Bioclimático para Edificação, em função de estratégias de projetos bioclimáticos. Vários cruzamentos e reclassificações foram estabelecidos. Positivamente observa-se poucas zonas bioclimáticas de edificações onde se indicam ao mesmo tempo estratégias para resfriamento e de aquecimento, facilitando a interpretação e utilização do zoneamento. Observa-se que as amplitudes térmicas se relacionam intimamente com os fatores climáticos das regiões específicas.

No texto para discussão (IPT 1997), tanto exigências humanas de conforto térmico são bem definidas, quanto os dados climáticos são ampliados, caracterizando-se pois positivamente, também indica etapas claras e definições no processo de avaliação do

desempenho térmico da edificação. Além de resumir em somente 8 zonas climáticas o território do país, com indicação de limitações de temperatura em cada zona.

Em RORIZ et al (1998), configura-se como positiva a convergência das metodologias anteriores adaptadas à realidade brasileira, além da ampliação do número de cidades no estudo climático, agora 331.

Observa-se que os estudos relatados evoluíram, ampliando o número de cidades, das quais os dados de clima foram utilizados, que mais setores governamentais passaram a fomentar pesquisas na área, resultando em metodologias de relativa facilidade de manuseio. Mas, mesmo assim exigindo de parte de profissionais da área grande motivação no enquadramento de seus projetos dentro das recomendações sugeridas. No presente trabalho, visando unicamente o Estado do Paraná, busca-se uma maior simplificação na metodologia, utilizando-se 06 estratégias bioclimáticas, as mais evidentes no referido Estado. As recomendações técnico-construtivas da arquitetura bioclimática, passam a adaptar-se melhor às características regionais e aos perfis do profissional e cliente.

CAPÍTULO 3

3.1- INTRODUÇÃO

A escala espacial para a análise bioclimatológica das cidades envolvidas, deve incluir as variações diárias e a verificação das interferências dos elementos climáticos locais.

Para o desenvolvimento deste trabalho usou-se os dados de Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Bulbo Úmido (Tbu), de um período de 10 anos, de cada uma das cidades estudadas, pois estas variáveis servem de subsídio na definição da satisfação higrotérmica do local analisado. A partir dos valores extremos de Tbs, estabeleceu-se as médias mensais para esses 10 anos. Usando-se a devida metodologia, determinou-se os Anos Climáticos de Referências das cidades de interesse.

Os dados foram obtidos junto à Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL). Verificou-se que as informações de Tbs e Tbu estavam registradas em somente 3 horários diários. Para o adequado desenvolvimento deste trabalho, fez-se uma interpolação das variáveis, tendo-se assim os valores horários das mesmas.

A partir dos dados horários obtidos e com a definição dos Anos Climáticos de Referência das cidades, individualmente, os mesmos foram colocados no formato do TRY e definiram-se as Cartas Bioclimáticas, resultando nas respectivas Estratégias Bioclimáticas.

Após a definição das cidades efetuou-se uma classificação das mesmas de acordo com as zonas hipsométricas, portanto as Estratégias Bioclimáticas manifestadas em valores percentuais, formaram os dados tabulares que, com os valores de altitude das cidades analisadas, resultaram no Zoneamento Bioclimático do Estado do Paraná.

3.2- DEFINIÇÃO DAS CIDADES ANALISADAS

Como se evidencia na descrição da climatologia, a Região Sul apresenta pouca diversidade climatológica em relação às demais regiões brasileiras. Todavia o Estado do Paraná tem o maior número de manifestações climáticas dos três que compõem a

Região, sendo igualmente o que mais contribui em diferenciação de relevo na definição do clima da Região Sul.

De acordo com SERRA (1974 a), os Fatores Geográficos, e entre eles o relevo, são um dos mais importantes fatores que influenciam a composição do ambiente climático.

Na caracterização do relevo da Região Sul, especificamente a definição do mesmo no Estado do Paraná, verificou-se os respectivos percentuais das zonas hipsométricas. Na Tabela 3.1 destacam-se, de tabela anterior apresentada no Capítulo 2, os percentuais do Paraná.

TABELA 3.1 – Números relativos, em percentual, das zonas hipsométricas

ÁREAS SEGUNDO AS ALTITUDES (m)							
ESTADOS	0-100	100-200	200-300	300-600	600-900	> 900	Total
Paraná	1,12	1,46	7,66	37,24	40,33	12,19	100

Fonte: NIMER, 1989 – Resumo do original

Definiu-se as cidades em que se analisou o clima com base no relevo do Estado do Paraná. Por suas localizações, procurou-se enquadrá-las nas diferentes manifestações topográficas.

O conjunto das cidades caracterizadas representa a possibilidade de ficar mapeado o Estado como um todo. Oportuniza-se, assim, aos profissionais da área, de qualquer região, servirem-se das informações para seus projetos. Acrescenta-se que em várias cidades do Estado do Paraná situam-se Estações Meteorológicas que são administradas pelos seguintes órgãos:

- Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR
- Companhia Paranaense de Energia Elétrica - COPEL
- Departamento Nacional de Meteorologia - DNMET

São elas em número de 51 e situam-se em 49 municípios, porque as cidades de Guarapuava e Palmas possuem, cada uma delas, duas Estações Meteorológicas.

As Estações distribuem-se no Paraná como demonstrado a seguir na Figura 3.1.



FIGURA 3.1 - Mapa do Estado do Paraná com a identificação das Estações Meteorológicas e os respectivos órgãos que as administram

Fonte: Departamento de Hidrologia e Estudos Energéticos - UFPR

A identificação das Estações Meteorológicas com suas respectivas datas de início do posto e os períodos em que os dados estão cadastrados, além de informações mais específicas encontra-se no Anexo A₁.

Com as estações disponíveis e a delimitação dos 4 tipos de Relevo do Estado do Paraná, definiu-se as cidades a serem analisadas, que são:

- **ESCARPA** : Curitiba e Paranaguá
- **PLANÍCIE FLUVIAL INTERIORANA**: Castro, Cerro Azul
- **PATAMARES**: Jacarezinho, Ponta Grossa, Rio Negro, Telêmaco Borba
- **PLANALTO**: Guarapuava, Pato Branco, Foz do Iguaçu, Maringá, Londrina, Cascavel, Nova Cantu, Umuarama, Bela Vista do Paraíso, Palmas, Paranavaí.

As cidades foram definidas, como já explanado, pelo relevo e procurou-se abranger diferentes pontos de cada tipo de relevo. Exemplificando: do relevo Escarpa há 5 estações meteorológicas, optou-se pelas cidades de Curitiba e Paranaguá; do relevo Planície Fluvial Interiorana as cidades de Castro e Cerro Azul são as únicas com Estações Meteorológicas; do relevo Patamares as 4 cidades definidas abrangem o norte, o centro e o sul deste tipo de relevo; do Planalto, por ser o mais extenso exigiu um número maior de cidades, por isto nele incluiu-se 11 cidades, da mesma forma com a

preocupação de compreender toda a área do mesmo e atender seus mais diferentes pontos. De um total de 49 cidades trabalhou-se com 19, perfazendo um percentual de mais de 38% de cidades analisadas.

Após a definição pelo relevo fez-se um reenquadramento das cidades dentro das zonas hipsométricas definidas por NIMER (1989) para o Estado do Paraná. De acordo com as altitudes formaram-se os seguintes novos grupos.

TABELA 3.2 – Cidades Analisadas, agrupadas, por Altitudes

Altitude (m)	Cidades
0 - 300	Foz do Iguaçu, Paranaguá
300 - 600	Bela Vista do Paraíso, Cerro Azul, Jacarezinho, Londrina, Maringá, Nova Cantu, Paranavaí, Umuarama
600 - 900	Cascavel, Pato Branco, Ponta Grossa, Rio Negro, Telêmaco Borba
> 900	Castro, Curitiba, Guarapuava, Palmas

A Tabela 3.3 identifica as cidades analisadas pelos períodos de disponibilidade dos dados, pela Latitude, Longitude e Altitude.

TABELA 3.3 - Identificação das Cidades Analisadas

CIDADE	Período Disponível	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Foz do Iguaçu	01/51 a 04/81	25° 33'	54° 34'	161
Paranaguá	01/61 a 12/85	25° 32'	48° 31'	5
Bela Vista do Paraíso	11/71 a 12/93	22° 57'	51° 12'	600
Cerro Azul	04/72 a 12/93	24° 49'	49° 15'	443
Jacarezinho	01/61 a 12/85	23° 00'	49° 58'	471
Londrina	1979 a 1990	23° 23'	51° 11'	566
Maringá	1983 a 1995	23° 25'	51° 57'	542
Nova Cantu	02/76 a 10/93	24° 40'	52° 34'	540
Paranavaí	06/74 a 12/94	23° 05'	52° 26'	480
Umuarama	11/71 a 12/93	23° 44'	53° 17'	480
Cascavel	10/71 a 12/93	24° 53'	53° 33'	660
Pato Branco	01/79 a 10/96	26° 07'	52° 41'	700

Ponta Grossa	01/54 a 09/96	25° 28'	50° 38'	837
Rio Negro	01/61 a 05/81	26° 06'	49° 48'	824
Telêmaco Borba	12/71 a 12/93	24° 20'	50° 37'	768
Castro	01/61 a 08/89	24° 47'	50° 00'	1009
Curitiba (Aeroporto/COPEL)	1961 a 1970	25° 21'	49° 16'	910/929
Guarapuava	07/73 a 08/96	25° 21'	51° 30'	1020
Palmas	01/61 a 12/79	26° 29'	51° 59'	1110

Obs.: Cidades agrupadas por altitude

Faz-se necessário observar que:

a) - da cidade de Curitiba trabalhou-se com os dados do ano de 1969, que é o ano do TRY determinado por GOULART et al (1998);

b) - os dados da cidade de Londrina foram obtidos junto a BARBOSA (1997), que os obteve na Estação Agro Meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR. A autora usou o período de 1979 a 1990 para determinar o ano de 1986 como o do TRY.

c) - os dados da cidade de Maringá foram obtidos junto a PIETROBON (1999), que determinou o TRY – ano de 1991 - através da média das temperaturas do ar externo, num período de 13 anos, que se encerrou em 1996. Utilizou-se apenas leituras sinóticas dos elementos do clima. A média ponderada foi indicada pelo INEMET. A Estação climatológica de Maringá situa-se no campus da Universidade Estadual de Maringá, UEM.

A carência de dados climáticos horários, no Brasil, é um aspecto inibidor à aplicação de metodologias correntes para a caracterização do clima e definição de estratégias bioclimáticas, pois a obtenção dos mesmos está restrita a pouquíssimas cidades e atrelada a dados coletados em aeroportos. De momento a Rede de Estações Meteorológicas da INFRAERO (Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária) abrange somente 56 cidades, dentre todas do território nacional, onde é possível obter dados climáticos para os horários de funcionamento dos aeroportos. Além da restrição do número de cidades é cobrado um alto valor para a aquisição dos mesmos, tornando-se inviável para um trabalho acadêmico.

No entanto, a **Companhia Paranaense de Energia Elétrica - COPEL**, em parceria com o **Departamento de Hidrologia e Estudos Energéticos da UFPR** detém um grande acervo de dados climáticos do estado do Paraná, obtidos nas Estações Meteorológicas já evidenciadas anteriormente. Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos junto aos órgãos acima citados.

Os arquivos obtidos compõem-se das seguintes variáveis:

- Pressão (mm de Hg)
- Temperatura de Bulbo Seco (°C)
- Temperatura de Bulbo Úmido (°C)
- Temperaturas extremas- máxima e mínima- (°C)
- Precipitação (mm)
- Evaporação (mm)
- Insolação (horas)
- Direção do vento
- Nebulosidade

O formato dos arquivos com a descrição completa das variáveis encontra-se no Anexo A₂.

Dentre as grandezas registradas, utilizou-se as seguintes: pressão, temperatura de bulbo seco, temperatura máxima e mínima, temperatura de bulbo úmido.

Como fica evidente no formato do arquivo, as variáveis utilizadas no presente trabalho estão disponíveis em somente três horários diários, a saber: 9, 15 e 21 horas. Logo, para a utilização dos dados meteorológicos na metodologia recomendada, houve a necessidade de se fazer uma adequação dos mesmos, com a finalidade de se obter dados horários.

Para a adequação dos dados de Tbs e Tbu, isto é, geração das temperaturas horárias, recorreu-se a modelos matemáticos de interpolação das variáveis.(ver 3.4.1)

Após a geração dos dados horários de temperatura (Tbs e Tbu) e com os valores de Pressão ou Altitude, determinou-se o arquivo no formato do TRY, com o auxílio do programa *PSYCROS*³. A seguir, a partir do Ano Climático de Referência determinou-se as Estratégias Bioclimáticas, usando-se o programa *ANALYSIS – BIO*.

³ Este programa, foi desenvolvido pelos laboratórios: **LabEEE** (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações), **LABCon** (Laboratório De Construção Civil), **LMPT** (Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas dos Materiais), da Universidade Federal de Santa Catarina.

3.3 - Identificação do Ano Climático de Referência

Os dados climáticos de um ano típico são utilizados em alguns programas de simulação de desempenho térmico de edificações para o cálculo do consumo de energia.

De acordo com a ASHRAE (1985), Cap. 24, há duas fontes de ano climático desenvolvidas para cálculo de energia empregadas nos Estados Unidos: O Test Reference Year (TRY), que foi disposto pelo National Climatic Center e o Typical Meteorological Year (TMY) que foi preparado pelo Sandia Laboratories na cidade de Albuquerque.

O procedimento utilizado para determinar o ano climático de referência, chamado de Test Reference Year (TRY), foi descrito por STAMPER (1977). Este procedimento consiste na eliminação de anos de dados que contém temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano somente. Classificam-se os meses em ordem de importância para cálculo de energia. Assim, o mês mais quente e o mês mais frio do local analisado são considerados os mais importantes, seguidos dos demais meses, listados em ordem de prioridade.

Portanto, analisando-se os valores médios mensais de temperatura do ar (T_b s), anotando-se o mês mais quente e o mês mais frio, o segundo mês mais quente e o segundo mês mais frio e assim sucessivamente, conforme aparecem as maiores e as menores temperaturas médias mensais. Quando fecharem os doze meses, inverte-se a sequência, isto é, onde é quente passa a ser frio e vice-versa. Desta maneira os anos nos quais ocorrem os extremos são eliminados de acordo com o procedimento, restando somente um ano. Este é indicado como Ano Climático de Referência.

As temperaturas médias mensais de cada ano das cidades em referência e do período para determinação do Ano Típico, foram examinadas. Estabeleceu-se uma sequência decrescente dos meses, de acordo a temperatura mais elevada. Assim, o ano que apresentou a temperatura média mensal mais elevada para o mês de fevereiro, por exemplo, e aquele que apresentou o menor valor de temperatura média mensal para este mesmo mês, foram eliminados, e assim sucessivamente. O ano restante foi indicado como o ano climático típico da cidade respectiva.

Na Tabela 3.4 demonstra-se a sequência dos meses em ordem de importância para cálculos de consumo de energia que GOULART (1993) obteve na análise de seu trabalho.

TABELA 3.4 - Seqüência dos meses para cálculos de consumo de energia

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Março + frio
2) Julho + frio	10) Maio + frio	18) Agosto + quente
3) Janeiro + quente	11) Abril + quente	19) Dezembro + frio
4) Junho + frio	12) Outubro + frio	20) Setembro + quente
5) Março + quente	13) Fevereiro + quente	21) Novembro + frio
6) Agosto + frio	14) Julho + frio	22) Maio + quente
7) Dezembro + quente	15) Janeiro + quente	23) Abril + frio
8) Setembro + frio	16) Junho + frio	24) Outubro + quente

Entretanto, no presente trabalho, somente as cidades, de Castro e Rio Negro apresentaram a distribuição das médias mensais de temperatura do ar, como demonstrado na tabela acima. As demais cidades apresentaram uma distribuição diferenciada, suas respectivas tabelas encontram-se demonstradas no Anexo A₃.

Das cidades de Curitiba, Londrina e Maringá, trabalhou-se somente com o Ano climático de Referência já determinado.

Já com as cidades definidas, passou-se a analisar os arquivos para a determinação dos períodos de onde, aplicando-se a metodologia descrita acima, evidenciou-se os Anos Climáticos de Referência de cada uma das cidades.

Inicialmente procurou-se estabelecer, para todas as cidades estudadas, o mesmo período para determinação do Ano Típico, porque assim trabalharíamos com as mesmas manifestações climáticas, que como afirma PEDROSO (1985), na análise local de variáveis climáticas deve-se atentar às interferências dos fatores do clima local.

Todavia, nos arquivos obtidos, para o período desejado, os dados não estavam registrados totalmente, isto é, apresentavam falhas de registro das variáveis de interesse (Tbs e Tbu), ou mesmo não havia registro de alguns meses ou anos inteiros. Para não comprometer os cálculos, utilizou-se, portanto, períodos diversificados para a determinação do TRY. A Tabela 3.5 mostra as cidades e seus respectivos períodos para determinação do Ano Climático de Referência.

TABELA 3.5 - Cidades analisadas e os períodos respectivos para determinação do Ano Típico

CIDADES	Períodos para Determinação do Ano Típico
Foz do Iguaçu	01/61 a 12/70
Paranaguá	01/72 a 12/81
Bela Vista do Paraíso	01/74 a 12/83
Cerro Azul	01/73 a 12/82
Jacarezinho	01/72 a 12/81
Londrina	1979 a 1990
Maringá	1983 a 1995
Nova Cantu	01/77 a 12/86
Paranavaí	01/85 a 12/94
Umuarama	01/74 a 12/83
Cascavel	01/73 a 12/82
Pato Branco	11/87 a 10/96
Ponta Grossa	01/76 a 12/85
Rio Negro	09/69 a 08/78
Telêmaco Borba	01/77 a 12/86
Castro	01/72 a 12/81
Curitiba (Aeroporto/COPEL)	1961 a 1970
Guarapuava	01/76 a 12/85
Palmas	01/79 a 12/88

Obs.: Cidades agrupadas por altitude

3.4 - Adequação dos dados

3.4.1- Geração de dados horários de Temperatura de Bulbo Seco

A partir do trabalho de GOULART et al (1998), que gerou o Ano Climático de Referência para quatorze cidades brasileiras, pode-se verificar a Amplitude Diária de Temperatura das cidades estudadas. Com base nestes valores e de posse das temperaturas horárias a autora determinou os *fatores de multiplicação*⁴ para as quatorze cidades, que são: Belém, Brasília, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Maceió, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Luís, São Paulo e Vitória. A fórmula utilizada para a determinação dos *fatores de multiplicação* foi a seguinte:

$$T_h = T_{\min} + (F \times A) \quad \text{onde:} \quad (3.1)$$

T_h = temperatura horária

T_{\min} = temperatura mínima

F = fator de multiplicação

A = amplitude

A temperatura horária (T_h), é o valor da temperatura diária hora a hora, da zero às 23 horas. Temperatura mínima (T_{\min}) é o menor valor registrado da temperatura, no dia. A Amplitude (A) é a variação da temperatura diária. O fator de multiplicação (F) se relaciona diretamente com a Amplitude, as temperaturas horária e mínima.

Assim, para a determinação dos valores horários de Temperatura de Bulbo Seco para as cidades do Paraná analisadas neste trabalho utilizou-se a amplitude diária, obtida através das Temperaturas extremas (máximas e mínimas diárias), os *fatores de multiplicação* da cidade de Curitiba, determinados por GOULART et al (1998) e a aplicação da equação (3.1).

Elaborou-se uma aplicação prática desta metodologia utilizando-se os dados de Curitiba, obtidos junto à COPEL, e comparando-os com os coletados por GOULART et

⁴ Os *Fatores de Multiplicação* da cidade de Curitiba encontram-se no Anexo A4.

al (1998) em seu trabalho. Inicialmente determinou-se os valores horários dos dados de Temperatura de Bulbo Seco.

Observe-se que as estações de onde foram coletados os dados meteorológicos estão em locais de características diferenciadas, distantes um do outro e com altitudes diferentes. A subestação da COPEL, no período utilizado para determinação do TRY (1961 a 1970) estava localizada na BR 277, entre residências, portanto com menos ventilação, ao contrário do aeroporto que se situa em local onde os ventos aportam com mais facilidade.

Com os valores das médias mensais de Tbs, obtidas dos valores determinados pelos *fatores de multiplicação* com os dados da COPEL, e dos valores do TRY obtidos por GOULART et al (1998), coletados junto ao Aeroporto da cidade de Curitiba, no ano de 1969, elaborou-se a tabela abaixo.

TABELA 3.6 - Médias mensais de Temperatura de Bulbo Seco (°C) da cidade de Curitiba, ano 1969

MESES	TRY (Dados- COPEL)	TRY (Dados Aeroporto)
Janeiro	21,6	20.63
Fevereiro	21,00	20.74
Março	19,67	19.55
Abril	16.33	16.34
Maiο	14.38	14.58
Junho	12.32	13.1
Julho	12.77	12.5
Agosto	14.04	13.62
Setembro	16.18	15.35
Outubro	14.5	14.17
Novembro	18.5	18,00
Dezembro	17.58	17.80

De posse dos valores da tabela acima procedeu-se ao tratamento estatístico denominado *Comparação de Várias Médias*, através da Análise de Variância para Amostras de Mesmo Tamanho. COSTA NETO, (1994, p.152) afirma que: “A Análise de Variância é um método suficientemente poderoso para poder identificar diferenças entre

médias populacionais devidas a várias causas atuando simultaneamente sobre os elementos da população.” Partiu-se das hipóteses de que as populações tenham a mesma variância e que a variável de interesse (médias mensais) seja normalmente distribuída em todas as populações. As tabelas seguintes demonstram os valores obtidos:

TABELA 3.7 - Comparação das médias mensais de Temperatura de Bulbo Seco (°C) - Curitiba: 1969

ANÁLISE ESTATÍSTICA	TRY (Dados COPEL)	TRY (Dados AEROPORTO)
Média	16,5725	16,3783333
Erro padrão	0,9023321	0,84771514
Mediana	16,255	15,845
Desvio padrão	3,1257701	2,93657139
Var. da amostra	9,7704386	8,62345152
Curtose	-1,146597	-1,40994993
Assimetria	0,300509	0,2917617
Intervalo	9,28	8,24
Mínimo	12,32	12,5
Máximo	21,6	20,74
Soma	198,87	196,54
Contagem	12	12
N. de conf. (95%)	1,7685358	1,66148868

Analizando a tabela, tomando-se os valores de *Curtose* e *Assimetria* , e comparando-os aos indicados por COSTA NETO (1994), na metodologia estatística aceita, ao Nível de Confiança de 5% constata-se que as duas amostras *Tendem à Normalidade*.

Com a aplicação da *Tabela Anova: fator único* , obteve-se os valores identificados na Tabela 3.8 abaixo:

TABELA 3.8 - Tabela ANOVA, fator único

Fonte de Variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,2262042	1	0,22620417	0,0245955	0,8768093	4,3009436
Dentro grupos	202,33279	22	9,1969450			
Total	202,559	23				

Verifica-se, analisando-se os valores obtidos que: o F crítico (4,3009436) é maior que F (0,02459558), logo, não se pode afirmar que as médias sejam diferentes, portanto não existe diferença significativa entre elas.

As hipóteses foram comprovadas conforme demonstram as Tabelas 3.7 e 3.8. E, segundo afirma COSTA NETO (1994, p.153), "... o método é robusto, isso querendo dizer que algum afastamento das hipóteses básicas ainda leva a resultados válidos com razoável aproximação." Mesmo procedimento foi empregado por AKUTSU et al (1993), com dados de temperatura do ar, para a definição dos períodos de verão e de inverno de 26 capitais brasileiras.

Para estabelecer uma maior fundamentação estatística, com as médias mensais de Tbs, dos dados gerados e coletados, da cidade de Curitiba no ano 1969, verificou-se a Correlação existente entre estes dois fatores.

Com base na tabela de médias mensais de Tbs (Tabela 3.6) correlacionou-se as temperaturas dos dados gerados (COPEL) e dos dados coletados (Aeroporto), de Curitiba/1969. Na Figura 3.2 apresenta-se o gráfico de Correlação entre Temperaturas de Bulbo Seco.

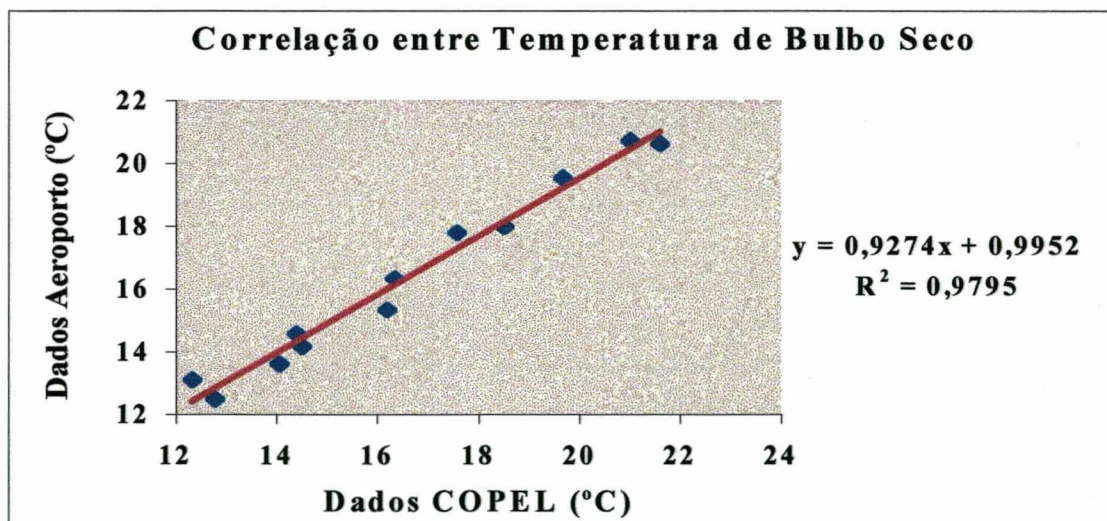


FIGURA 3.2 - Diagrama de Dispersão de Temperatura de Bulbo Seco

Constata-se que na equação da reta o termo independente não tem o valor 1, portanto, não passa na origem, o que demonstra que os valores determinados pelos fatores e os coletados não são iguais. Pode-se justificar esta pequena diferença pelo fato de que as altitudes dos locais onde os dados foram coletados sejam diferentes entre si. A subestação da COPEL, situa-se a uma altitude de 929 m junto aos prédios do Centro

Politécnico, já a altitude do Aeroporto é 910 m e está afastado do núcleo urbano da cidade de Curitiba. Afirmo AYADE (1983), que diferença de altitude determina valores diferenciados de temperatura.

Conforme COSTA NETO (1994), na tendência dos pontos se colocarem segundo uma reta demonstra o grau de correlação conjunta das variáveis, e “... é, em geral, mais conveniente usar-se, para a medida da correlação, o chamado coeficiente de correlação linear de Pearson.” Pois o mesmo, segundo o autor, tem as propriedades de ser adimensional e de variar entre -1 e $+1$. Sendo adimensional não é afetado pelas unidades adotadas, e o fato do valor de r ser: $-1 \leq r \leq +1$ facilita a interpretação do mesmo. Ainda conforme COSTA NETO, 1994, p. 184, em exemplo de $r = 0,772$, afirma que ... “os pontos indicam uma razoavelmente alta correlação linear positiva”.

Na presente análise obteve-se o valor do Coeficiente de Correlação de 0,9897, próximo de 1, indicando, também, alta correlação linear.

Também elaborou-se uma análise estatística com os 8760 valores de Tbs, isto é, os valores hora a hora do TRY de Curitiba, ano 1969. O gráfico com a correlação e a respectiva equação demonstra-se a seguir:

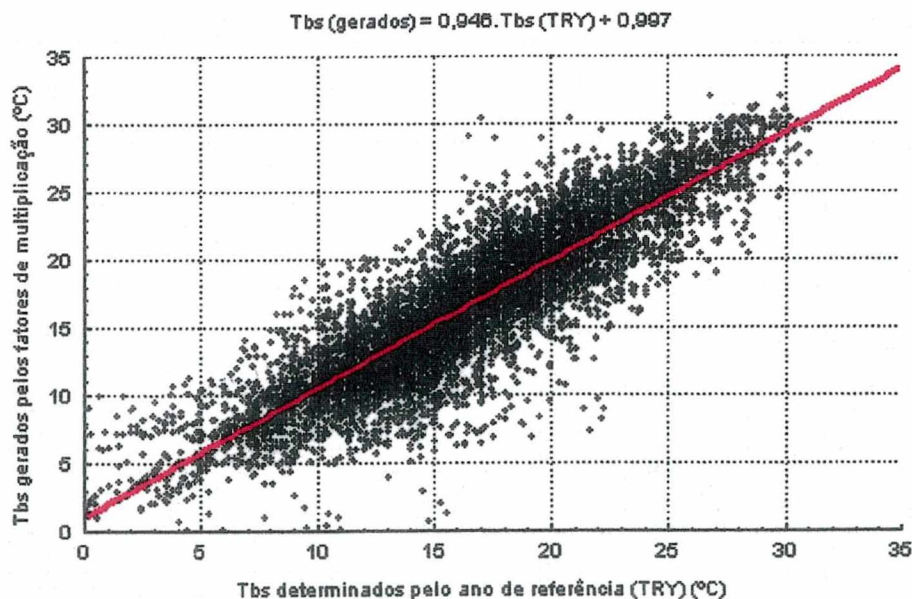


FIGURA 3.3 - Gráfico de Correlação Tbs, 8760 dados

3.4.2 - Geração de Dados Horários de Temperatura de Bulbo Úmido

A caracterização higrotérmica de dada localidade baseia-se na temperatura do ar e umidade. Obtidos os valores horários destas variáveis, para o ano climático da

localidade em estudo, têm-se indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no planejamento da edificação. (LAMBERTS et al 1997).

Também quanto à variável umidade houve a necessidade de ampliar os valores disponíveis de Tbu a valores horários, pois só se dispunha dos valores necessários nas medições de 9, 15 e 21 horas

Através de Equações dos Mínimos Quadrados, determinou-se a função que mais se aproxima do comportamento físico da temperatura úmida do ar. Estes cálculos desenvolveram-se com o auxílio de programas computacionais.

Da mesma maneira, tomou-se a cidade de Curitiba para a comprovação do método, com os dados horários de Tbu obtidos por GOULART et al (1998) já verificados no TRY, e os determinados como na maneira descrita acima.

Na tabela abaixo verificam-se as médias mensais de Tbu, obtidas dos valores determinadas por extrapolação, utilizando os três dados diários, e dos valores do TRY obtidos por GOULART et al (1998), coletados junto ao Aeroporto da cidade de Curitiba no ano de 1969.

TABELA 3.9 - Médias mensais de Temperatura de Bulbo Úmido (°C) da cidade de Curitiba, ano 1969

MESES	TRY (Dados- COPEL)	TRY (Dados Aeroporto)
Janeiro	18,3	17,5
Fevereiro	19,5	18,0
Março	18,0	19,55
Abril	15,0	17,25
Maiο	13,6	14,6
Junho	12,25	11,85
Julho	11,7	10,55
Agosto	12,1	11,4
Setembro	14,4	12,35
Outubro	12,8	14,2
Novembro	16,3	15,5
Dezembro	16,0	15,7

Com os valores da tabela acima efetuou-se uma Análise Estatística semelhante a utilizada no item 3.4.1 - *Comparação de Várias Médias* - através da Análise de Variância para Amostras de Mesmo Tamanho. Como afirma COSTA NETO (1994), o método é “robusto” levando a resultados “válidos com razoável aproximação”, que se evidenciam na Tabela 3.10, abaixo:

TABELA 3.10 - Comparação das médias mensais de Temperatura de Bulbo Úmido(°C)
Curitiba: 1969

ANÁLISE ESTATÍSTICA	TRY (Dados COPEL)	TRY (Dados Aeroporto)
Média	14,9958333	14,8708333
Erro padrão	0,76302971	0,83512969
Mediana	14,7	15,05
Desvio padrão	2,64321243	2,89297412
Var. da amostra	6,98657197	8,36929924
Curtose	-1,16517231	-1,16900831
Assimetria	0,37505014	-0,00377854
Intervalo	7,8	9
Mínimo	11,7	10,55
Máximo	19,5	19,55
Soma	179,95	178,45
Contagem	12	12
N. de conf.(95%)	1,49550853	1,6368217

Analizando-se os dados acima, tomando-se os valores de *Curtose* e *Assimetria* , e comparando-os aos indicados por COSTA NETO (1994), nesta metodologia, ao Nível de Confiança de 5% constata-se que as amostras *Tendem à Normalidade*.

Com a aplicação da *Tabela Anova: fator único* , obteve-se os valores identificados a seguir:

TABELA 3.11 – Tabela ANOVA, Fator Único

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,09375	1	0,09375	0,0122103	0,9130144	4,30094
Dentro grupos	168,9145	22	7,677935			
Total	169,0083	23				

Constata-se, analisando-se os valores obtidos que: o F crítico (4,3009436) é maior que F (0,01221031), logo, não se afirma que as médias sejam diferentes, portanto não existe diferença significativa entre elas.

Igualmente com os valores de T_{bu} que constam na Tabela 3. 9, determinou-se a Correlação entre as médias mensais do ano de 1969 da cidade de Curitiba. Evidencia-se o procedimento na Figura 3.4, abaixo:

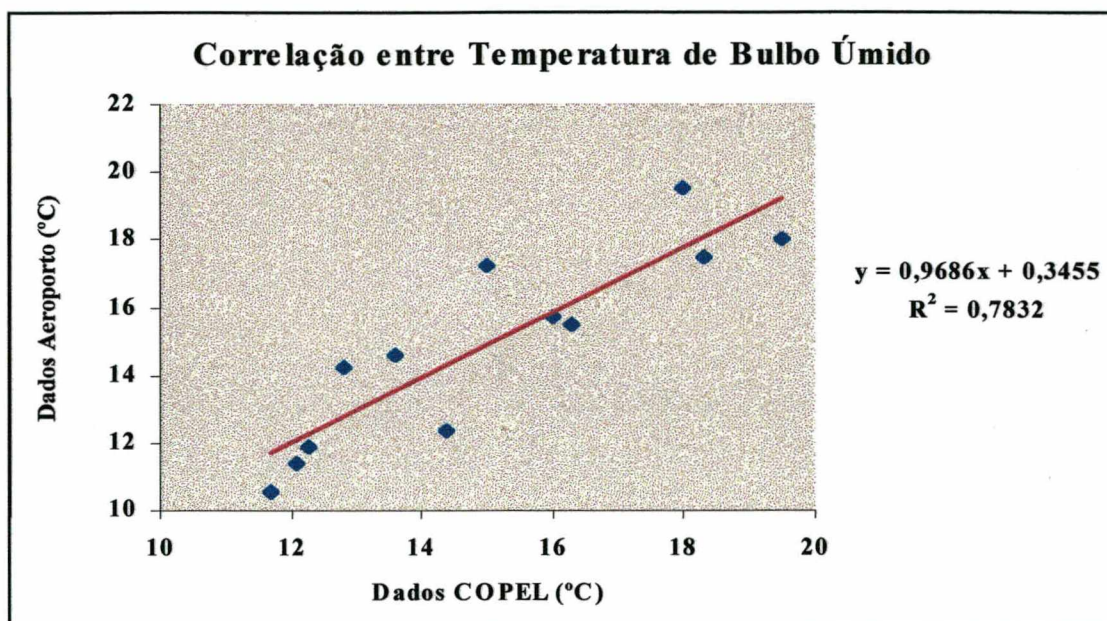


FIGURA 3.4 - Diagrama de Dispersão de Temperatura de Bulbo Úmido

Verifica-se um coeficiente de correlação de Pearson na ordem de 0,8850, utilizando-se da mesma justificativa feita quanto à análise da T_{bs} , assim, considera-se que exista entre as variáveis Temperatura de Bulbo Úmido, uma alta correlação linear positiva.

Igualmente constata-se que a reta não passa pela origem, demonstrando as diferenças de valores, mais acentuados em relação aos de T_{bs} , justifica-se de maneira idêntica, isto é, pelas diferenças de altitude entre os dois postos de medição.

Também elaborou-se um gráfico de correlação com os 8760 valores de T_{bu} , do TRY de Curitiba, ano 1969. Sua visualização demonstra-se a seguir:

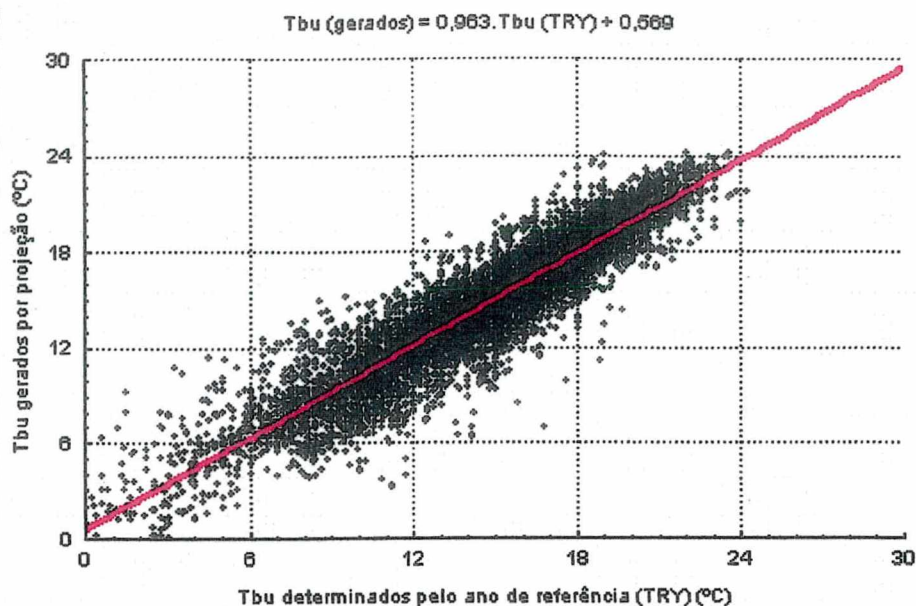


FIGURA 3.5 - Gráfico de Correlação Tbu, 8760 dados

A seguir apresenta-se os histogramas elaborados pelo programa *ANALYSIS – BIO*, com os dados horários de Tbs, do Ano Climático de Referência (1969), da Cidade de Curitiba:

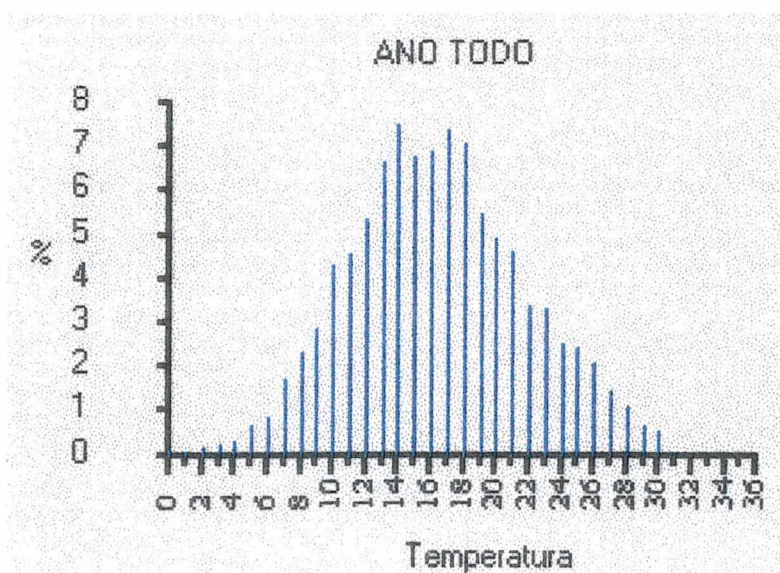


FIGURA 3.6 - Histograma TRY Curitiba – ano 1969 – dados COPEL

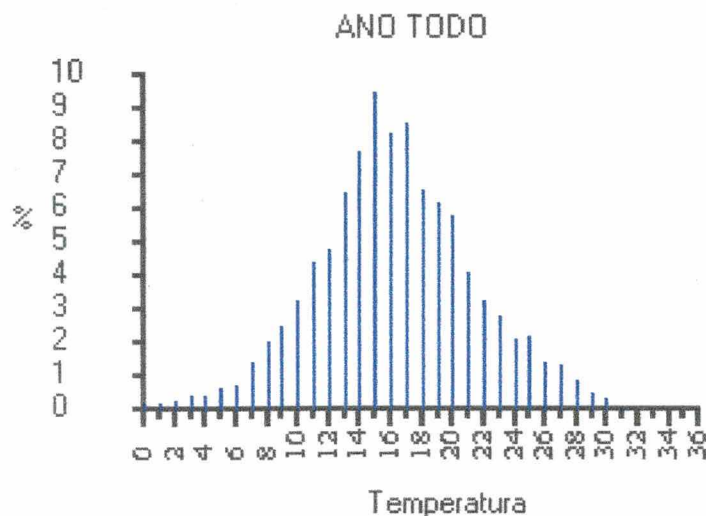


FIGURA 3.7 - Histograma TRY Curitiba – Ano 1969 - Dados Aeroporto

3.5 - Determinação das Estratégias Bioclimáticas

Como descrito na Revisão Bibliográfica a Carta Bioclimática que se adotou foi a implementada pelo Núcleo de Pesquisa em Construção da Universidade Federal de Santa Catarina, onde se utilizou a carta Bioclimática para Edifícios de GIVONI (1992), adaptada ao clima quente ou tropical, considerando também a evidência da aclimação de pessoas a este clima.

A Carta Bioclimática adotada para o Brasil, é composta de nove Estratégias Bioclimáticas, compreendendo:

- Conforto;
- Estratégias de Aquecimento:
 - Aquecimento Artificial
 - Aquecimento Solar Passivo
 - Massa Térmica
 - Umidificação
- Estratégias de Resfriamento:
 - Ventilação
 - Massa para Resfriamento
 - Resfriamento Evaporativo
 - Ar Condicionado

Estas estratégias se manifestam através de arquivo no formato do TRY com os dados horários de Tbs e Tbu, usados no programa *Analysis-Bio*.

3.6 - Determinação do Zoneamento Bioclimático

A manipulação dos dados efetuou-se em um *sistema de informação geográfica* (SIG), que é um processo contínuo. Inicia com a aquisição de dados, passando pelo pré-processamento, gerenciamento de dados, manipulação e análise, chegando à geração dos produtos desejados.

A aquisição de dados é o processo de identificação e coleta de dados necessários para o estudo em questão. Abrange a escolha da base cartográfica - mapa georeferenciado - na escala desejada e coleta de dados sob a forma de tabelas.

O pré-processamento envolve a manipulação dos dados de modo que possam entrar em um SIG⁵. A etapa inclui a conversão de formatos e locação dos objetos. Nesta etapa o contorno do Estado do Paraná foi *digitalizado* na forma de polígono fechado, onde, também, localizou-se as 19 cidades em estudo.

Na etapa de manipulação e análise o usuário pode fazer operações analíticas com os mapas e banco de dados, gerando novas informações. Os produtos finais são gerados sob a forma de mapas, imagens ou gráficos, assim como resultados estatísticos. Nesta fase introduziu-se o *Banco de Dados de Atributos* que se compõe dos percentuais das 4 estratégias bioclimáticas mais evidenciadas nas cidades analisadas.

Como as estações meteorológicas dispostas não correspondem à totalidade das cidades do Estado, fez-se necessário a interpolação computacional dos dados e sua distribuição espacial através de um *algoritmo de interpolação ótima*, com o uso do método de estimativa de procedimento geoestatístico, denominado *krigagem*. De acordo com ALMEIDA e BETTINI (1994), este método estima valores em um dado ponto a partir de informações disponíveis, estimando a quantidade desconhecida em pequenas áreas, considerando os dados disponíveis fora da área. Ainda conforme os autores, os estimadores de *krigagem* são obtidos a partir de informações contidas na vizinhança do

⁵ Utilizou-se os programas do *sistema de Informações Geográficas* do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Laboratório de Ciências Geodésicas (LABICIG), da Universidade Federal de Santa Catarina.

ponto que está sendo estimado e os algoritmos levam em consideração o grau de correlação entre este ponto e os dados disponíveis.

A superfície gerada forma uma malha numérica e representa graficamente a distribuição da variável na área desejada.

Os arquivos gráficos obtidos pela digitalização – no Programa *MicroStation 95* - foram exportados para o programa *SURFER* onde se efetuou a manipulação dos elementos e interrelacionou-se os dados alfanuméricos gerados pela interpolação.

Com as Estratégias Bioclimáticas determinadas para cada uma das cidades analisadas, utilizou-se as quatro estratégias mais evidentes, mais a zona de conforto, salientando-se assim seis planos (A, B, C, D, E, F). Na seqüência elaborou-se combinações entre os planos, surgindo assim o zoneamento bioclimático com recomendações arquitetônicas adequadas às diferentes manifestações higrotérmicas do Estado do Paraná.

CAPÍTULO 4

4.1- Apresentação dos Anos Climáticos de Referência

Utilizando-se a metodologia mencionada por STAMPER (1977), já descrita, para definição de TRY através das médias mensais das temperaturas extremas de um período de 10 anos, determinou-se os Anos Climáticos das cidades estudadas. Na tabela 4.1, abaixo, apresentam-se as cidades analisadas e seus respectivos anos do TRY.

TABELA 4.1- Cidades Analisadas e seus respectivos TRY

CIDADES	Ano TRY
Foz do Iguaçu	1966
Paranaguá	1982
Bela Vista do Paraíso	1977
Cerro Azul	1974
Jacarezinho	1974
Londrina	1986
Maringá	1991
Nova Cantu	1986
Paranavaí	1991
Umuarama	1982
Cascavel	1982
Pato Branco	1991
Ponta Grossa	1982
Rio Negro	1974
Telêmaco Borba	1978
Castro	1982
Curitiba (Aeroporto/COPEL)	1969
Guarapuava	1983
Palmas	1986

4.2- Apresentação das Cartas Bioclimáticas

De posse dos TRY individualizados das 19 cidades analisadas e dos valores horários, obtidos por extrapolação, das variáveis T_{bs} e T_{bu} , e plotando-os diretamente sobre a Carta Bioclimática adotada para o Brasil, obteve-se as estratégias mais adequadas, em percentuais. Visualizando-se, então, o comportamento climático ao longo do ano de cada cidade especificamente.

Seguindo LAMBERTS et al (1997), adotou-se a simplificação de alguns termos e na organização das tabelas considerou-se as interseções, assim na necessidade de se obter a totalidade dos valores percentuais das estratégias de ventilação, resfriamento evaporativo, massa para resfriamento e aquecimento ou aquecimento solar passivo, somam-se os campos onde estas estratégias aparecem. A simplificação adotada foi a seguinte:

- **V** Ventilação
- **RE** Resfriamento Evaporativo
- **MR** Massa térmica para Resfriamento
- **AC** Ar Condicionado
- **U** Umidificação
- **V/MR** Ventilação/ Massa térmica para Resfriamento
- **V/MR/RE** Ventilação/Massa para Resfriamento/ Resfriamento Evaporativo
- **MR/RE** Massa térmica para Resfriamento/Resfriamento Evaporativo
- **MA/AS** Massa térmica para Aquecimento/Aquecimento Solar
- **AS** Aquecimento Solar
- **AA** Aquecimento Artificial

Analisou-se cada uma das cidades por grupamento conforme zonas de altitude do Estado do Paraná, a seguir passa-se as suas respectivas apresentações:

- a) Altitude de 0 a 300 m
- Foz do Iguaçu - TRY: 1966

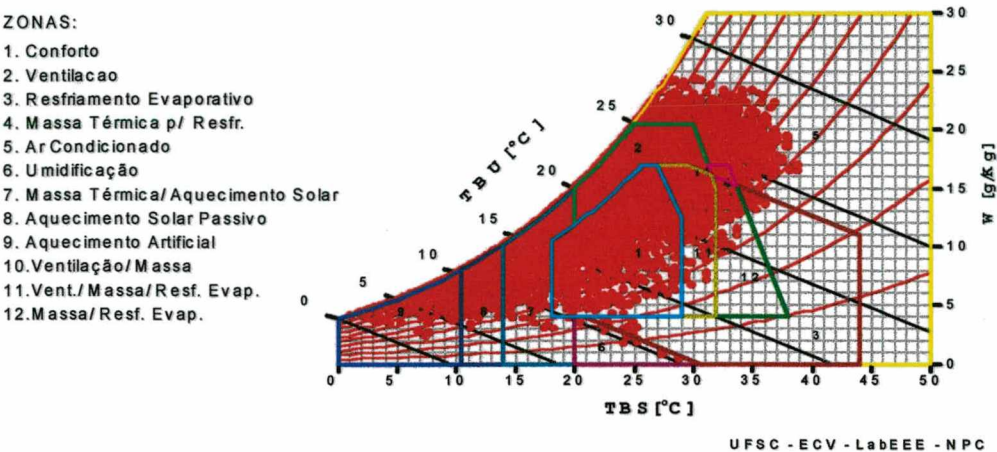


FIGURA 4.1 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de FOZ DO IGUAÇU

Uma carta que apresenta uma mancha alongada de pontos desde a zona de aquecimento artificial até a de ar condicionado. Há 20,1% de conforto térmico e 79,9% de desconforto do total de horas do ano. As estratégias mais adequadas são:

- 1. Ventilação: 25,1%
- 2. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 27,2%
- 3. Ar condicionado: 8,4%
- 4. Aquecimento solar passivo: 8,2%

TABELA 4.2 - Estratégias bioclimáticas para Foz do Iguaçu (%)

CONFORTO					20,1
DESCONFORTO	CALOR	V	25,1	38,7	79,9
		RE	0,37		
		MR	0,37		
		AC	8,4		
		U	0,14		
		V, MR	0,2		
		V, MR, RE	3,3		
		MR, RE	0,82		
	FRIO	MA, AS	27,2	41,2	
		AS	8,2		
		AA	5,8		

• Paranaguá – TRY: 1982

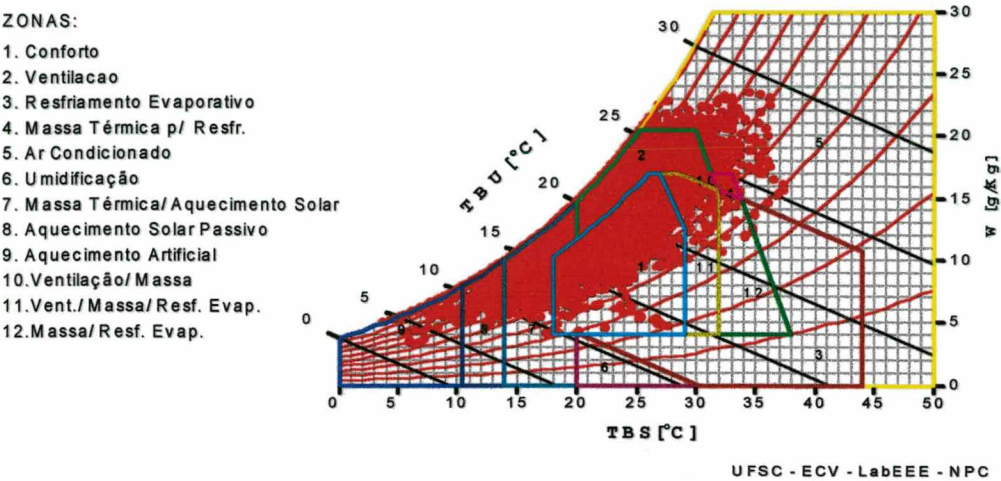


FIGURA 4.2 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de PARANAGUÁ

Na observação da carta na figura acima, constata-se que os pontos atingem também a região onde há indicação de ar condicionado. Em 25,3 % das horas do ano haverá conforto térmico, enquanto que em 74,7 % haverá desconforto. As estratégias a serem adotadas são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 32%
- 2. Ventilação: 28,4 %
- 3. Aquecimento solar passivo: 6,15%
- 4. Ventilação, massa para resfriamento, resfriamento evaporativo: 3,06 %

TABELA 4.3 - Estratégias bioclimáticas para Paranaguá (%)

CONFORTO					25,3
DESCONFORTO	CALOR	V	28,4	35	74,7
		RE			
		MR			
		AC	3,0		
		U			
		V, MR	0,3		
		V, MR, RE	3,1		
		MR, RE	0,2		
	FRIO	MA, AS	32	39,7	
		AS	6,15		
AA		1,55			

Verifica-se nas cidades analisadas dentro desta faixa de altitude, que o projeto arquitetônico que utilize a massa térmica para aquecimento, explorando o calor do sol resolverá o problemas de desconforto para o frio em mais de 26 % das horas do ano. A ventilação é a estratégia mais adequada para os períodos quentes em 28,4 % na cidade de Paranaguá, e em 25,1 % em Foz de Iguaçu. Em ambas as cidades deve-se considerar soluções que possibilitem o uso de ventilação nos períodos quentes (verão), mas cuidando para que o armazenamento de calor por massa térmica no inverno não seja prejudicado. As cidades de Foz do Iguaçu e Paranaguá foram as únicas das cidades analisadas que apresentaram recomendação de uso de Ar Condicionado, num total de 8,4% 3,0% das horas do ano, respectivamente.

b) Altitude de 300 a 600 m

• Bela Vista do Paraíso – TRY: 1977

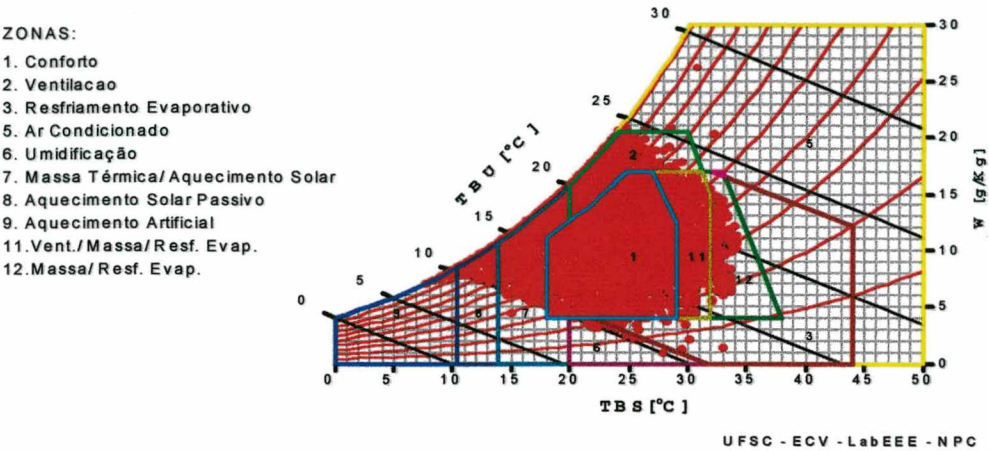


FIGURA 4.3 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de BELA VISTA do PARAÍSO

Nesta carta evidencia-se grande concentração de pontos na zona de conforto (39,6%), superando o desconforto ao frio (32,8%) e calor (27,6%), havendo pouquíssimos pontos na região de aquecimento artificial. As quatro estratégias mais indicadas são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 28,7%
- 2. Ventilação:18,3%
- 3. Ventilação, massa para esfriamento e resfriamento evaporativo: 6,82%
- 4. Aquecimento solar passivo: 3,55%

TABELA 4.4 - Estratégias bioclimáticas para Bela Vista do Paraíso (%)

CONFORTO					39,6
DESCONFORTO	CALOR	V	18,3	27,59	60,4
		RE	0,73		
		MR			
		AC	0,02		
		U	0,32		
		V, MR			
		V, MR, RE	6,82		
		MR, RE	1,4		
	FRIO	MA, AS	28,7	32,81	
		AS	3,55		
AA		0,56			

• Cerro Azul – TRY:1974

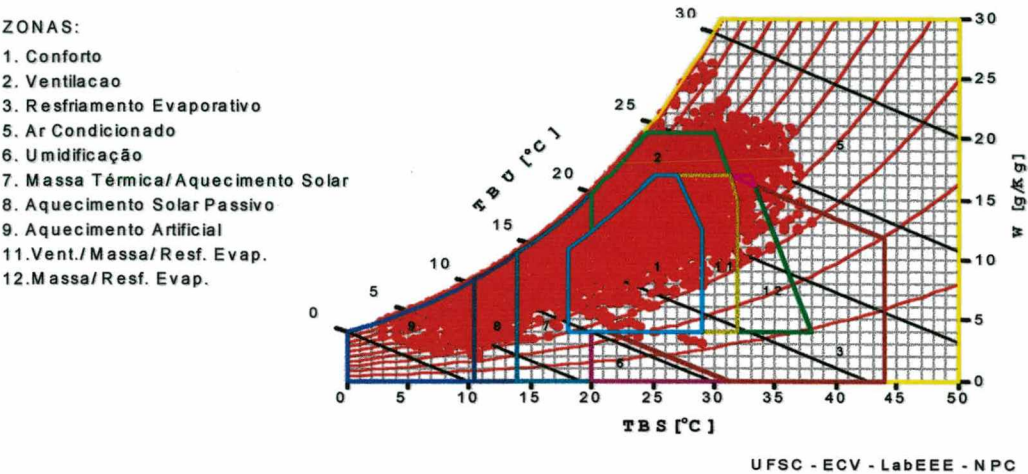


FIGURA 4.4 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de CERRO AZUL

Ao observar-se a figura acima percebe-se a grande variação climática da cidade de Cerro Azul ao longo do ano. Os pontos estendem-se da região onde é indicado aquecimento artificial até a zona de ar condicionado. Em 27,1 % das horas do ano haverá conforto térmico, enquanto que em 72,9 % das horas do ano ocorrerá desconforto. As quatro principais estratégias a serem adotadas são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 28,1 %
- 2. Ventilação: 20,07 %
- 3. Aquecimento solar passivo: 11,5 %
- 4. Aquecimento artificial: 4,97 %

TABELA 4.5 - Estratégias bioclimáticas para Cerro Azul (%)

CONFORTO					27,1
DESCONFORTO	CALOR	V	20,07	28,33	72,9
		RE	0,37		
		MR			
		AC	3,43		
		U			
		V, MR	0,2		
		V, MR, RE	3,3		
		MR, RE	0,96		
	FRIO	MA, AS	28,1	44,57	
		AS	11,5		
AA		4,97			

• Jacarezinho – TRY: 1974

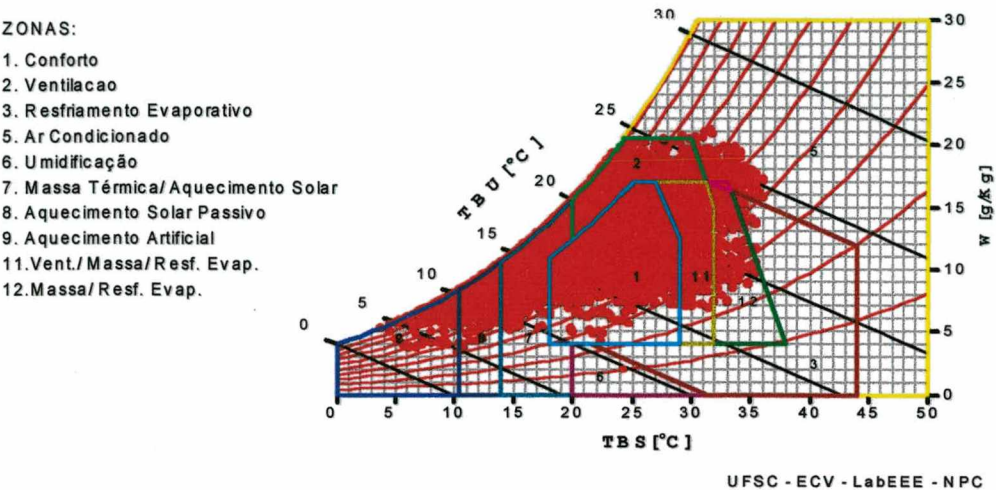


FIGURA 4.5 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de JACAREZINHO

Na carta bioclimática há muita concentração de pontos nas zonas de interseção, principalmente nas zonas de massa térmica para aquecimento/aquecimento solar e na de ventilação, massa e resfriamento evaporativo. Há conforto em 26,7% desconforto em 73,3% das horas do ano. As estratégias mais indicadas são as seguintes:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 28,1 %
- 2. Ventilação: 21,4 %
- 3. Aquecimento solar passivo: 8,9 %
- 4. Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo: 7,13 %

TABELA 4.6 - Estratégias bioclimáticas para Jacarezinho (%)

CONFORTO					26,7
DESCONFORTO	CALOR	V	21,4	32,67	73,3
		RE	0,2		
		MR	0,24		
		AC	1,97		
		U			
		V, MR			
		V, MR, RE	7,13		
		MR, RE	1,93		
	FRIO	MA, AS	28,1	40,63	
		AS	8,9		
AA		3,63			

• Londrina – TRY: 1986

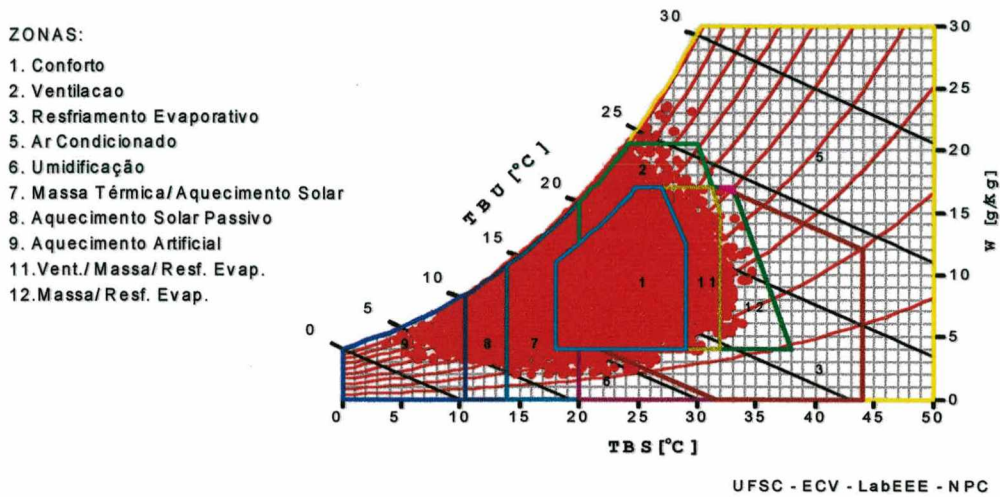


FIGURA 4.6 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de LONDRINA

Na carta percebe-se que na zona de conforto térmico há adensamento de pontos, com um percentual de 48,6%, demonstrando ser a cidade com maior índice de conforto das analisadas. Há um equilíbrio entre as horas de desconforto (51,4%), para o frio (26,23%) e o calor (25,17%). As principais estratégias são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 18,9%
- 2. Ventilação: 16,8%
- 3. Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo: 6,54%
- 4. Aquecimento solar passivo: 5,25%

TABELA 4.7 - Estratégias bioclimáticas para Londrina (%)

CONFORTO					48,6
DESCONFORTO	CALOR	V	16,8	25,17	51,4
		RE	0,5		
		MR			
		AC	0,23		
		U	0,4		
		V, MR			
		V, MR, RE	6,54		
		MR, RE	0,7		
	FRIO	MA, AS	18,9	26,23	
		AS	5,25		
AA		2,08			

• Maringá – TRY: 1991

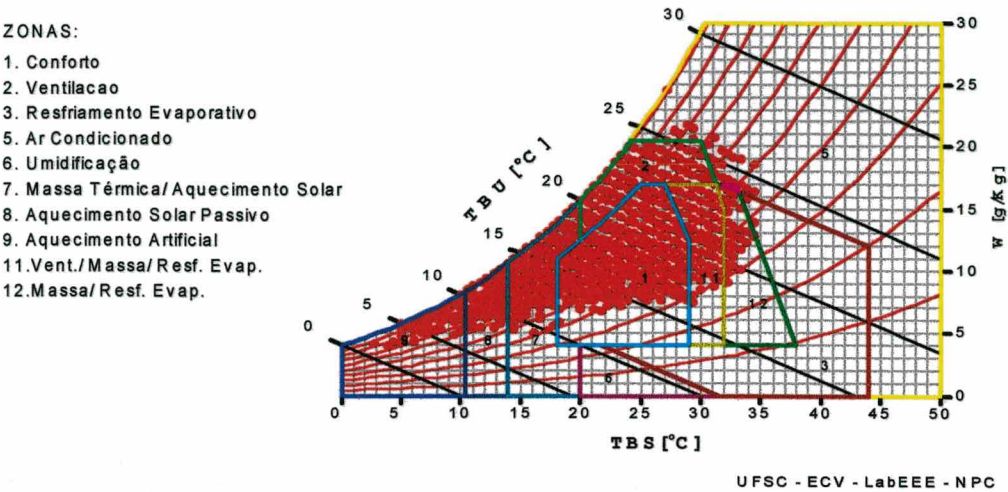


FIGURA 4.7 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de MARINGÁ

A mancha de pontos distribui-se desde a zona de aquecimento artificial até a de ar condicionado, com concentração na zona de conforto térmico na ordem de 37,7%. O desconforto é de 62,3%. As quatro estratégias principais são:

- 1. Ventilação: 26,9%
- 2. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 21,35%
- 3. Ventilação, massa térmica para resfriamento e resfriamento evaporativo: 8,0%
- 4. Aquecimento solar passivo: 3,41%

TABELA 4.8 - Estratégias bioclimáticas para Maringá (%)

CONFORTO					37,7
DESCONFORTO	CALOR	V	26,7	36,25	62,3
		RE	0,02		
		MR			
		AC	0,6		
		U			
		V, MR			
		V, MR, RE	8,0		
		MR, RE	0,93		
	FRIO	MA, AS	21,35	25,89	
		AS	3,5		
AA		1,2			

• Nova Cantu – TRY: 1986

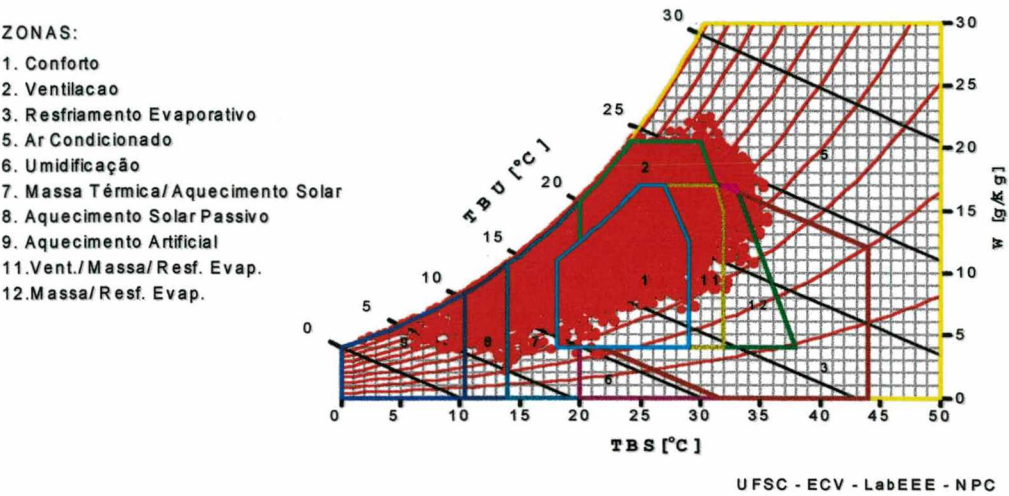


FIGURA 4.8 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de NOVA CANTU

Carta com distribuição semelhante a da cidade anterior (Maringá), com equilíbrio entre frio (35,02%) e calor (31,47%) na caracterização do desconforto térmico. Há 33,5% dos pontos em conforto térmico. As principais estratégias são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar; 26,5%
- 2. Ventilação: 22,3%
- 3. Aquecimento solar passivo: 6,7
- 4. Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo: 5,11%

TABELA 4.9 - Estratégias bioclimáticas para Nova Cantu (%)

CONFORTO					33,5
DESCONFORTO	CALOR	V	22,3	31,47	66,5
		RE	0,3		
		MR	0,17		
		AC	2,41		
		U	0,04		
		V, MR			
		V, MR, RE	5,11		
		MR, RE	1,14		
	FRIO	MA, AS	26,5	35,02	
		AS	6,7		
AA		1,82			

• Paranaíba – TRY: 1991

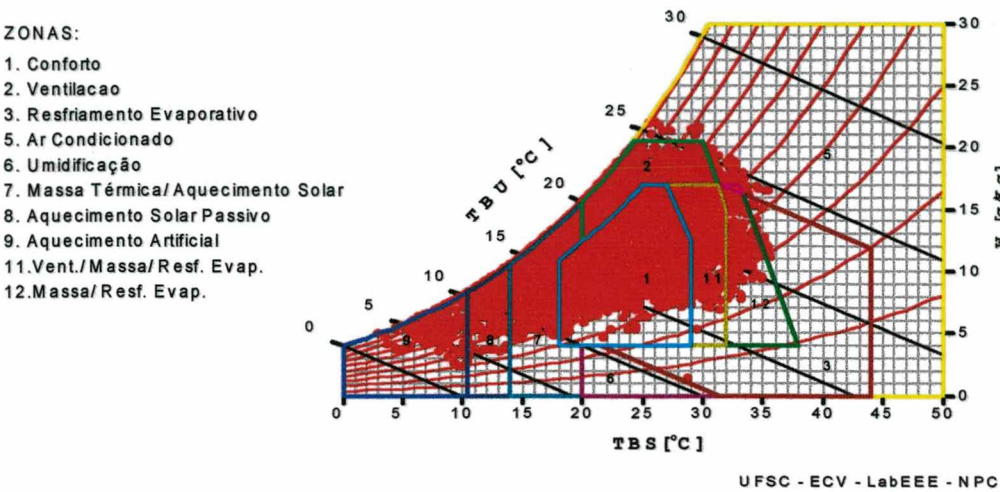


FIGURA 4.9 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de PARANAÍBA

Paranaíba caracteriza-se como a segunda cidade mais confortável das analisadas, 42,2% das horas do ano concentraram-se na zona de conforto térmico. Há 57,8% de horas desconfortáveis. Principais estratégias:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 20,7%
- 2. Ventilação: 20,1%
- 3. Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo: 8,7%
- 4. Aquecimento solar passivo: 3,36%

TABELA 4.10 - Estratégias bioclimáticas para Paranaíba (%)

CONFORTO					42,2
DESCONFORTO	CALOR	V	20,1	32,4	57,8
		RE	0,23		
		MR	0,14		
		AC	0,8		
		U			
		V, MR			
		V, MR, RE	8,7		
		MR, RE	2,43		
	FRIO	MA, AS	20,7	25,4	
		AS	3,36		
AA		1,34			

• Umuarama – TRY: 1982

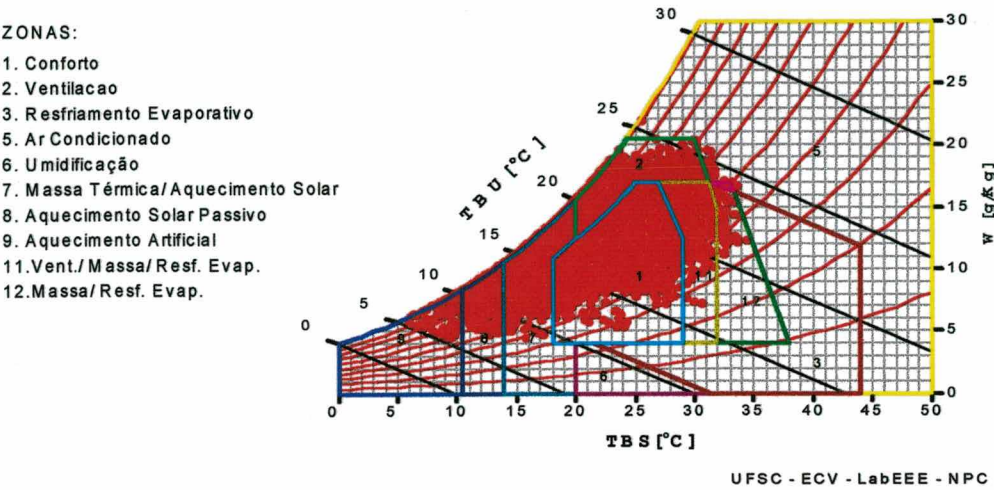


FIGURA 4.10 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de UMUARAMA

A carta de Umuarama demonstra-se como as demais do mesmo relevo, isto é, mancha de pontos concentrada nas zonas de conforto, neste caso de 38,7%. Também nas regiões das estratégias de massa térmica para aquecimento e aquecimento solar. Com 61,3% das horas do ano em desconforto térmico, tem-se as principais estratégias a seguir demonstradas:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 26,4%
- 2. Ventilação: 21,1%
- 3. Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo: 7,42%
- 4. Aquecimento solar passivo:4,4%

TABELA 4.11 - Estratégias bioclimáticas para Umuarama (%)

CONFORTO					38,7
DESCONFORTO	CALOR	V	21,1	29,62	61,3
		RE			
		MR	0,09		
		AC	0,38		
		U			
		V, MR			
		V, MR, RE	7,42		
		MR, RE	0,63		
	FRIO	MA, AS	26,4	31,68	
		AS	4,4		
AA		0,88			

Nesta zona hipsométrica os projetos arquitetônicos que objetivem resolver o problema do desconforto por frio devem utilizar a massa térmica para aquecimento. O desconforto por calor soluciona-se por ventilação, pois em todas as cidades estas duas estratégias são as que demonstram maiores percentuais em relação às demais. Logo, as edificações devem adotar sistemas construtivos que possibilitem ventilar a edificação no verão e serem passíveis de isolamento térmico no inverno para evitar perdas de calor.

c) Altitude de 600 a 900 m

• Cascavel – TRY: 1982

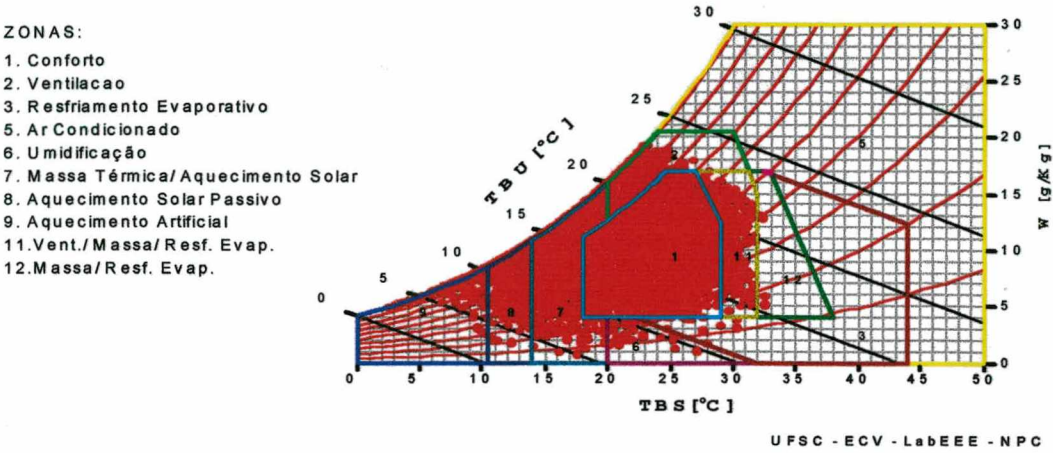


FIGURA 4.11 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de CASCAVEL

Também nesta carta percebe-se uma grande concentração de pontos na zona de conforto térmico (36,8%). Nas horas desconfortáveis, o frio é a preocupação com 50,16% do total de desconforto que é da ordem de 63,2%. As principais estratégias são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 38,3%
- 2. Ventilação: 9,03%
- 3. Aquecimento solar passivo: 8,78%
- 4. Aquecimento artificial: 3,08%

TABELA 4.12 - Estratégias bioclimáticas para Cascavel (%)

CONFORTO					36,8
DESCONFORTO	CALOR	V	9,03	13,04	63,2
		RE	0,6		
		MR			
		AC			
		U	0,43		
		V, MR			
		V, MR, RE	2,92		
		MR, RE	0,06		
	FRIO	MA, AS	38,3	50,16	
		AS	8,78		
AA		3,08			

• Pato Branco – TRY: 1991

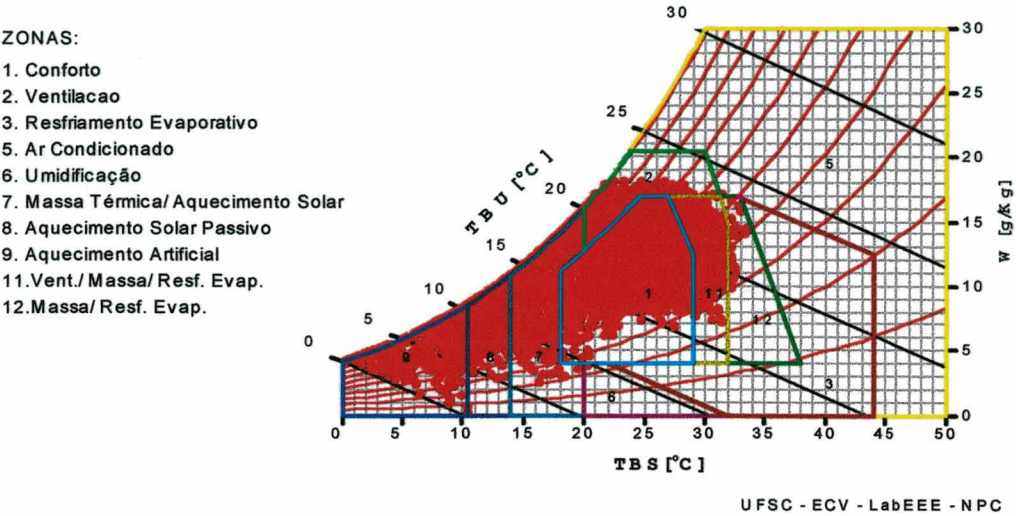


FIGURA 4.12 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de PATO BRANCO

Nesta carta destacam-se as estratégias de aquecimento solar e massa térmica, indicando grande desconforto ao frio (52,3%), dos 64,5% dos pontos desconfortáveis. Há 35,5% em conforto térmico. As quatro estratégias principais são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 35,3%
- 2. Aquecimento solar passivo: 10,8%
- 3. Ventilação: 6,63%
- 4. Aquecimento artificial: 6,18%

TABELA 4.13 - Estratégias bioclimáticas para Pato Branco (%)

CONFORTO					35,5
DESCONFORTO	CALOR	V	6,63	12,22	64,5
		RE			
		MR			
		AC			
		U	0,01		
		V, MR			
	FRIO	V, MR, RE	5,24		
		MR, RE	0,34		
		MA, AS	35,3	52,28	
AS	10,8				
AA	6,18				

• Ponta Grossa – TRY: 1982

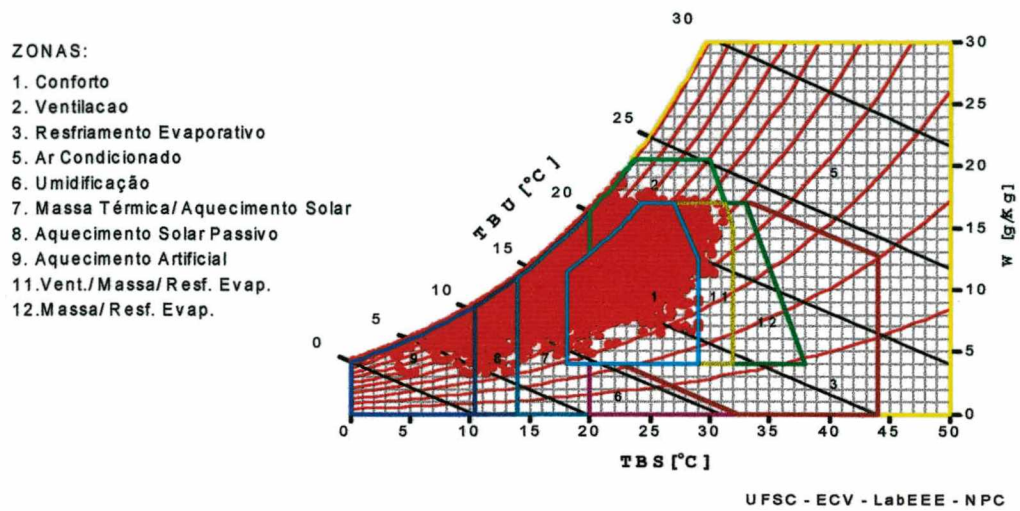


FIGURA 4.13 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de PONTA GROSSA

Nesta carta bioclimática percebe-se que as estratégias onde os pontos mais se concentram são a de massa térmica e aquecimento solar. Havendo 30% de horas do ano em conforto e 70% em desconforto. As principais estratégias são;

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 41,5%
- 2. Aquecimento solar passivo: 17,2%
- 3. Aquecimento artificial: 5,6%
- 4. Ventilação: 4,5%

TABELA 4.14 - Estratégias bioclimáticas para Ponta Grossa (%)

CONFORTO					30,0
DESCONFORTO	CALOR	V	4,5	5,7	70,0
		RE			
		MR			
		AC			
	FRIO	U			
		V, MR			
		V, MR, RE	1,22		
		MR, RE			
FRIO	MA, AS	41,5	64,3		
	AS	17,2			
	AA	5,6			

• Rio Negro – TRY: 1974

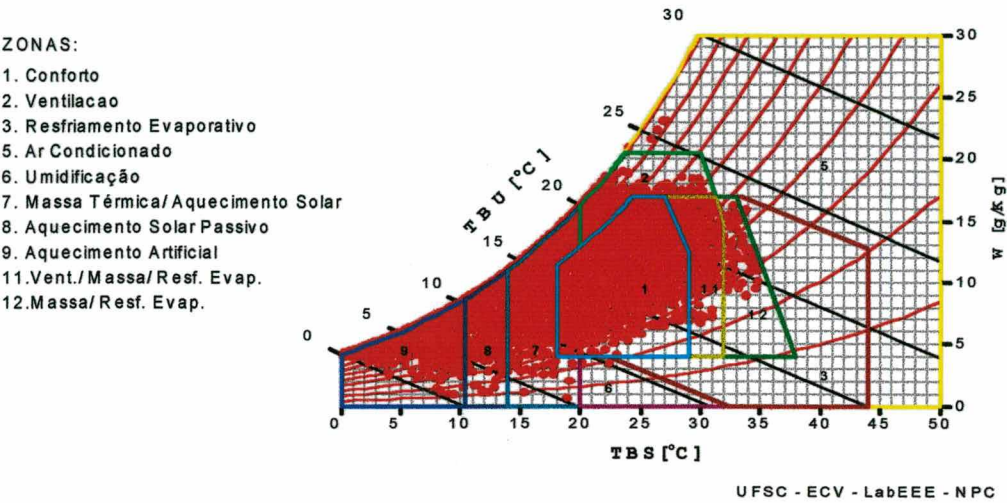


FIGURA 4.14 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de RIO NEGRO

Evidencia-se grande agrupamento de pontos nas estratégias para os períodos frios, pois 73,6% das horas do ano traduzem-se em desconforto, sendo 64,6% ao frio e 9,02% ao calor. O conforto térmico está na ordem de 26,3%. As estratégias mais importantes são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 29,7%
- 2. Aquecimento artificial: 18,4%
- 3. Aquecimento solar passivo: 16,5%
- 4. Ventilação: 4,63%

TABELA 4.15 - Estratégias bioclimáticas para Rio Negro (%)

CONFORTO					26,3
DESCONFORTO	CALOR	V	4,63	9,1	73,7
		RE	0,03		
		MR			
		AC	0,07		
		U	0,04		
		V, MR			
		V, MR, RE	3,63		
		MR, RE	0,7		
	FRIO	MA, AS	29,7	64,6	
		AS	16,5		
AA		18,4			

• Telêmaco Borba – TRY: 1978

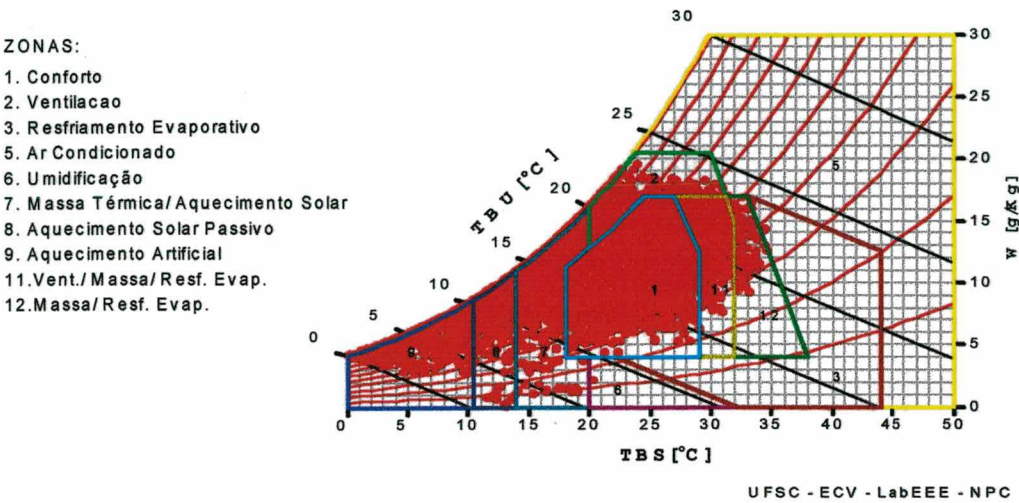


FIGURA 4.15 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de TELÊMACO BORBA

Como a cidade anterior, Rio Negro, há concentração de pontos indicando estratégias para o frio. Há 28,4% de horas do ano em conforto e 71,6% em desconforto, sendo 59,5% ao frio e 12% ao calor. As principais estratégias bioclimáticas indicadas são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 29,9%
- 2. Aquecimento solar passivo: 15%
- 3. Aquecimento artificial: 14,6%
- 4. Ventilação: 6,44%

TABELA 4.16 - Estratégias bioclimáticas para Telêmaco Borba (%)

CONFORTO					28,4
DESCONFORTO	CALOR	V	6,44	12,1	71,6
		RE	0,06		
		MR			
		AC			
		U			
		V, MR			
		V, MR, RE	4,7		
		MR, RE	0,9		
	FRIO	MA, AS	29,9	59,5	
		AS	15		
AA		14,6			

Nas altitudes entre 600 e 900 m, destacam-se nitidamente que das quatro principais estratégias, os três maiores percentuais são para atender às necessidades de desconforto ao frio. Percebe-se, então, que nestas altitudes há íntima relação com a caracterização do clima do Estado do Paraná, vista no Capítulo 2, pois ali explanou-se que no *Clima mesotérmico brando* a altitude tem papel importante na ocorrência deste clima no Estado. Sendo o inverno bastante sensível, com pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C.

A ventilação é a estratégia evidenciada para o desconforto ao calor, com discretos percentuais de manifestação, como demonstrado nas respectivas tabelas.

d) Altitude > 900 m

• Castro – TRY: 1982

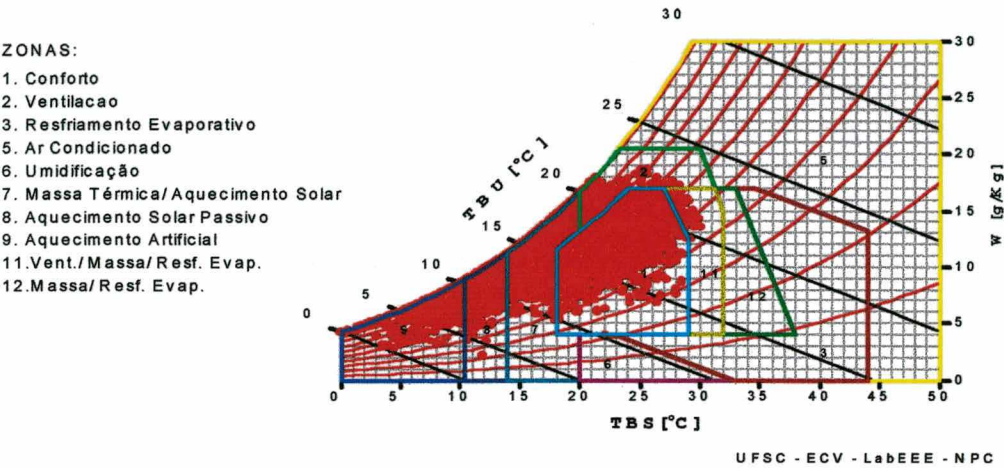


FIGURA 4.16 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de CASTRO

Constata-se que a mancha de pontos hora a hora, concentra-se em grande quantidade nas zonas de períodos frios. Tem-se das horas do ano 25,6% de conforto e 74,4 % de desconforto (68,8% ao frio e 4,58% ao calor). As quatro principais estratégias evidenciadas são:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 39,1 %
- 2. Aquecimento solar passivo: 20,8 %
- 3. Aquecimento artificial: 9,92 %
- 4. Ventilação: 4,06 %

TABELA 4.17 - Estratégias bioclimáticas para Castro (%)

CONFORTO					25,6
DESCONFORTO	CALOR	V	4,06	4,58	74,4
		RE			
		MR			
		AC			
		U		0,52	
		V, MR			
		V, MR, RE			
		MR, RE			
	FRIO	MA, AS	39,1	69,82	
		AS	20,8		
		AA	9,92		

• Curitiba - Dados Aeroporto – TRY: 1969

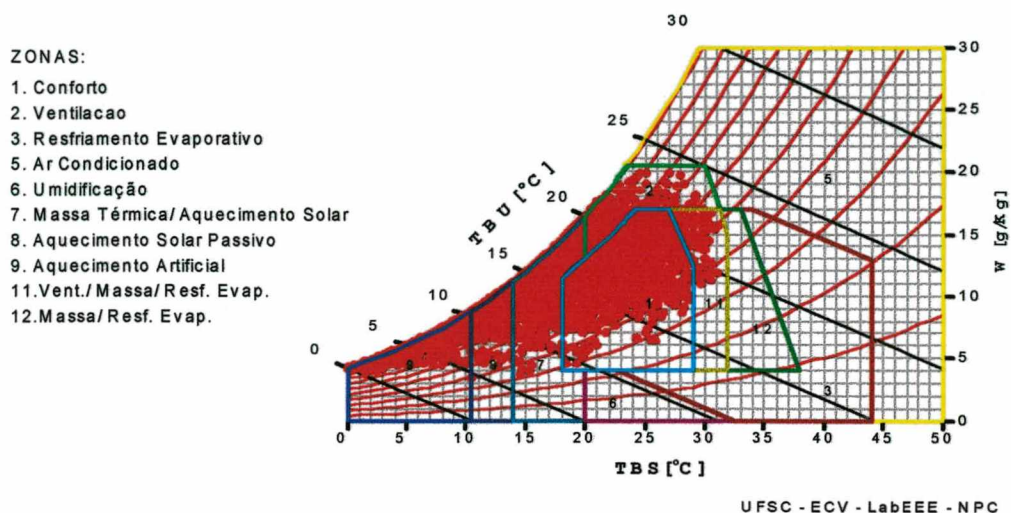


FIGURA 4.17 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de CURITIBA

Constata-se pela figura acima que para Curitiba os pontos que representam cada hora do ano, apresentam-se concentrados nas estratégias bioclimática para os períodos de frio. Há conforto térmico para 20% das horas do ano e desconforto em 80%. As estratégias bioclimáticas mais adequadas para o período de desconforto são:

1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 42,5 %
2. Aquecimento solar passivo: 18,9 %
3. Aquecimento artificial: 11,8 %
4. Ventilação: 5,8 %

TABELA 4.18 - Estratégias bioclimáticas para Curitiba - dados Aeroporto (%)

CONFORTO					20,0
DESCONFORTO	CALOR	V RE MR AC U V, MR V, MR, RE MR, RE	5,8 1	6,8	80,0
	FRIO	MA, AS AS AA	42,5 18,9 11,8	73,2	

• Curitiba - Dados COPEL – TRY: 1969

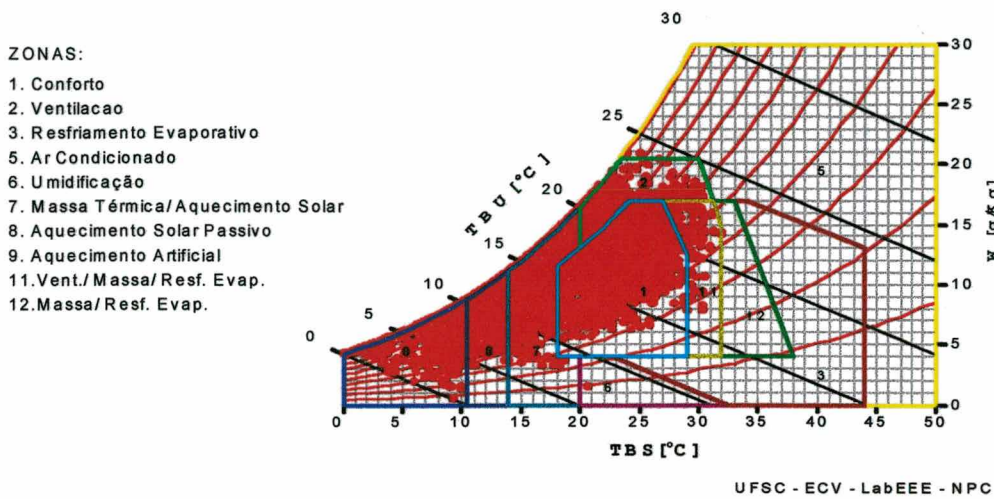


FIGURA 4.18 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de CURITIBA

Nesta carta, os pontos apresentam-se de maneira semelhante aos da carta anterior (Dados Aeroporto), constatando-se uma maior concentração dos pontos na zona de aquecimento artificial e aquecimento solar, em relação à anterior. Há conforto térmico para 23,2 % e desconforto para 76,8 % das horas do ano. Principais estratégias bioclimáticas:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 36%
- 2. Aquecimento solar passivo: 20,1%
- 3. Aquecimento artificial: 13,7%
- 4. Ventilação: 5,7%

TABELA 4.19 - Estratégias bioclimáticas para Curitiba - dados COPEL (%)

CONFORTO					23,2
DESCONFORTO	CALOR	V	5,7	7,1	76,63
		RE			
		MR			
		AC			
		U		1,4	
		V, MR			
		V, MR, RE			
		MR, RE			
	FRIO	MA, AS	36	69,7	
		AS	20,1		
		AA	13,6		

• Guarapuava – TRY:

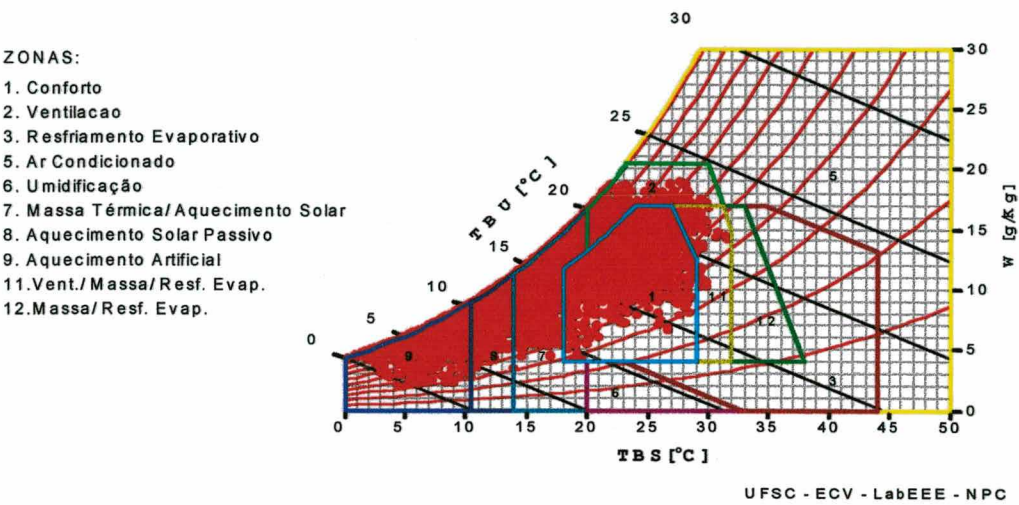


FIGURA 4.19 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de GUARAPUAVA

Evidencia-se na carta desta cidade a maior concentração de pontos na região de massa térmica e aquecimento solar, indicando uma maior necessidade de aquecimento, pois o desconforto ao frio atinge 66,5%. Há 26,7% de conforto térmico e 73,3% ao desconforto, no total das horas do ano. As quatro principais estratégias bioclimáticas são:

- 1. Massa térmica e aquecimento solar: 42,3%
- 2. Aquecimento solar passivo: 14,3%
- 3. Aquecimento artificial: 9,89%
- 4. Ventilação: 5,79%

TABELA 4.20 - Estratégias bioclimáticas para Guarapuava (%)

CONFORTO					26,7
DESCONFORTO	CALOR	V	5,79	6,81	73,3
		RE			
		MR			
		AC			
	FRIO	U		66,49	
		V, MR			
		V, MR, RE	1,02		
		MR, RE			
	MA, AS	42,3			
	AS	14,3			
	AA	9,89			

• Palmas – TRY: 1986

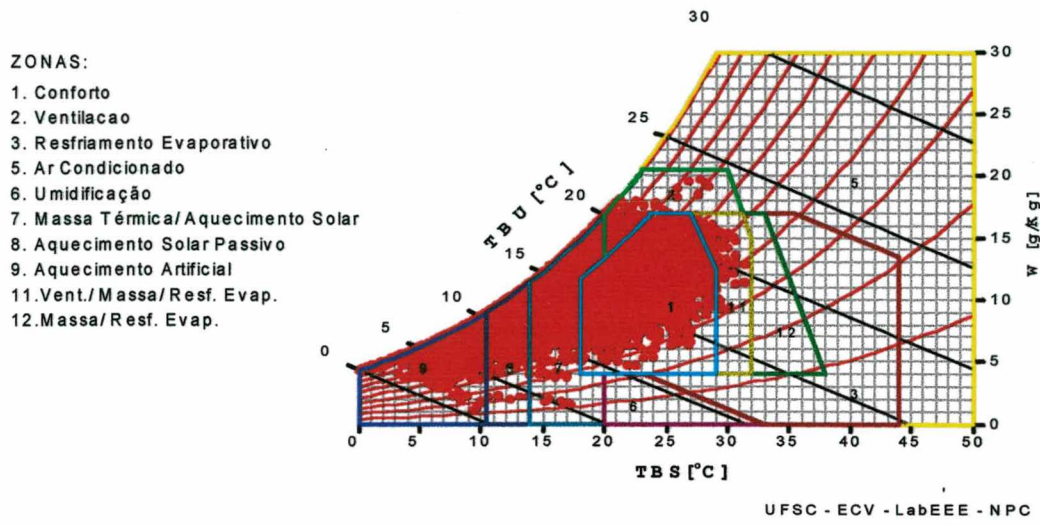


FIGURA 4.20 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS de PALMAS

Nesta carta evidencia-se uma maior concentração de pontos nas regiões de zonas que indicam as estratégias para trazer conforto ao frio. Há 73% de horas desconfortáveis, sendo 69% ao frio e 3,92% ao calor, com 27% das horas do ano com conforto térmico. Estratégias principais:

- 1. Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar: 36,2%
- 2. Aquecimento solar passivo: 18,5%
- 3. Aquecimento artificial: 14,4%
- 4. Ventilação: 2,89%

TABELA 4.21 - Estratégias bioclimáticas para Palmas (%)

CONFORTO					27
DESCONFORTO	CALOR	V	2,89	3,9	73,0
		RE			
		MR			
		AC			
	U				
	V, MR				
	V, MR, RE	1,01			
	MR, RE				
FRIO	MA, AS	36,2	69,1		
	AS	18,5			
	AA	14,4			

Na análise das cartas bioclimáticas no relevo com altitude maior de 900 m, tem-se que as estratégias mais evidentes são massa térmica para aquecimento, com percentuais consideráveis (acima de 35%), aquecimento solar passivo e aquecimento artificial para os períodos frios. Estas estratégias vêm reforçar a característica climática desta altitude, com temperaturas médias, nos períodos frios, inferiores a 10°C, com a estação de inverno nestas áreas extravasando o trimestre junho-julho-agosto. Mais uma vez a ventilação e ventilação/massa para resfriamento/resfriamento evaporativo são as estratégias recomendadas para os períodos quentes, manifestando-se com baixos percentuais nesta altitude.

As estratégias mais evidenciadas, dentre as quatro destacadas, são as recomendadas para evitar o desconforto ao frio a saber: massa térmica para aquecimento, aquecimento solar passivo e aquecimento artificial. Confirmam-se as observações quanto à descrição bibliográfica, onde é afirmado que o inverno é uma estação com temperaturas baixas, sofrendo intensas e sucessivas invasões de frentes polares, trazendo chuvas sucedidas de massas polares. No solstício de inverno as noites são mais longas, em detrimento das horas de radiação diurna. Há influência do relevo nas baixas temperaturas, principalmente com o aumento das altitudes, destacadamente no Planalto Meridional. Mesmo o estado do Paraná estando com maior parte de seu território em clima temperado, com característica do verão ter temperaturas mais elevadas que o inverno, o desconforto ao frio destacou-se em todas as cidades.

Percebe-se pela análise das tabelas de percentuais das estratégias, que a mais recomendada para os períodos de verão foi a ventilação, seguida de ventilação/massa para resfriamento/resfriamento evaporativo.

4.3 - Resultado e Discussão do Zoneamento Bioclimático

Com a determinação das Estratégias Bioclimáticas foi possível a elaboração do Banco de Dados de Atributos, composto das altitudes, percentuais de conforto e dos percentuais das quatro estratégias mais evidenciadas em cada cidade. Na tabela abaixo demonstra-se os planos, respectivas estratégias e o número de cidades onde elas se apresentaram com maior destaque.

TABELA 4.22 - Planos e respectivas estratégias

PLANO	ESTRATÉGIAS	Nº CIDADES
A	Conforto	19
B	Ventilação	19
C	Ventilação/Massa para resfriamento/ Resfriamento evaporativo	8
D	Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar	19
E	Aquecimento solar passivo	19
F	Aquecimento artificial	11

As estratégias massa térmica para aquecimento e aquecimento solar; ventilação; aquecimento solar manifestam-se em todas as cidades, ficando aquecimento artificial nas altitudes a partir dos 600m, e ventilação/massa para resfriamento/resfriamento evaporativo, nas altitudes de 0 a 600m.

A seguir apresenta-se na Tabela 4.23, O Banco de dados de Atributos, onde as cidades são identificadas pelo ano do TRY, altitude e percentuais das horas do ano em que as seis principais estratégias se exprimiram.

TABELA 4.23 - Banco de Dados de Atributos

Cidade/TRY	Altitude(m)	ESTRATÉGIAS (%)					
		C	V	V/MR/RE	MA/AS	AS	AA
Foz do Iguaçu/66	0 – 300m	20,1	25,1	(3,3)*	27,2	8,2	(5,8)*
	161						
Paranaguá/82	5	25,3	28,4	3,1	32	6,15	(1,55)*
Bela Vista do Paraíso/77	300 – 600m	39,6	18,3	6,82	28,7	3,55	(0,56)*
	600						
Cerro Azul/74	443	27,1	20,07	(3,3)*	28,1	11,5	4,97
Jacarezinho/74	471	26,7	21,4	7,13	28,1	8,9	(3,63)*
Londrina/86	566	48,6	16,8	6,54	18,9	5,25	(2,08)*
Maringá/91	542	37,7	26,7	8,0	21,35	3,5	(1,2)*
Nova Cantu/86	540	33,5	22,3	5,11	26,5	6,7	(1,82)*
Paranavaí/91	480	42,2	20,1	8,70	20,7	3,36	(1,34)*
Umuarama/82	480	38,7	21,1	7,42	26,4	4,4	(0,88)*
Cascavel/82	600 – 900m	36,8	9,03	(2,92)*	38,3	8,78	3,08
	660						
Pato Branco/91	700	35,5	6,63	(5,24)*	35,3	10,8	6,18
Ponta Grossa/82	837	30,0	4,5	(1,22)*	41,5	17,2	5,6
Rio Negro/74	824	26,3	4,63	(3,63)*	29,7	16,5	18,4
Telêmaco Borba/78	768	28,4	6,44	(4,7)*	29,9	15,0	14,6
Castro/82	> 900m	25,6	4,06	(0,52)*	39,1	20,8	9,92
	1009						
Curitiba/Aeroporto/69	929	20,0	5,8	(1,0)*	42,5	18,9	11,8
Curitiba/Copel /69	910	23,2	5,7	(1,4)*	36	20,1	13,6
Guarapuava/83	1020	26,7	5,79	(1,02)*	42,3	14,3	9,89
Palmas/86	1110	27,0	2,89	(1,01)*	36,2	18,5	14,4

Nota: ()* = são valores que não se incluem entre as quatro estratégias mais evidenciadas nestas cidades, mas estão colocadas no Banco de Dados para a devida utilização da metodologia.

Analisando-se os resultados e já formatando em intervalos os dados percentuais para a aplicação do método de estimativa de procedimento geoestatístico, descrito na metodologia, escreve-se que:

Os percentuais das horas de *Conforto* apresentaram variação de 20,0% a 48,6%, do total de horas do ano, entre as cidades analisadas, que foram divididos em quatro intervalos:

- 1) de 20 a 28%;
- 2) de 28 a 36%;
- 3) de 36 a 44%;
- 4) de 44 a 52%.

Já a estratégia *Ventilação* variou de 2,89% a 28,4%, enquadrada, também, em quatro intervalos:

- 1) de 2 a 9%;
- 2) de 9 a 16%;
- 3) de 16 a 23%
- 4) de 23 a 30%.

A estratégia *Ventilação/Massa para resfriamento/Resfriamento evaporativo* por estar presente, como uma das quatro principais estratégias, em oito cidades, com percentuais baixos, variando de 3,1% a 8,70%, foi dividida em três intervalos, a saber:

- 1) de 0 a 4%;
- 2) de 4 a 8%;
- 3) de 8 a 12%

Massa para aquecimento e aquecimento solar demonstrou variação percentual de 18,9% a 42,5%, dividindo-se em quatro intervalos:

- 1) de 19 a 25%;
- 2) de 25 a 31%;
- 3) de 31 a 37%
- 4) de 37 a 43%

A estratégia *Aquecimento solar passivo* variou percentualmente de 3,36% a 20,8%, e foi dividida em três intervalos:

- 1) de 3 a 9%;
- 2) de 9 a 15%;
- 3) de 15 a 22%.

A variação percentual da estratégia *Aquecimento artificial* foi de 3,08% a 18,4%, focalizada em 11 cidades como uma das quatro estratégias principais, foi dividida em cinco intervalos:

- 1) de 0 a 4%;
- 2) de 4 a 8%;
- 3) de 8 a 12%;
- 4) de 12 a 16%;
- 5) de 16 a 20%.

Os intervalos tiveram uma variação diferenciada dentro dos percentuais porque foi nestes patamares que os planos das estratégias puderam ser melhor caracterizados e oportunizaram a visualização do zoneamento.

Seguindo os intervalos de cada estratégia foi possível, utilizando o programa computacional indicado, elaborar os planos de cada estratégia individualmente, os quais são apresentados a seguir:

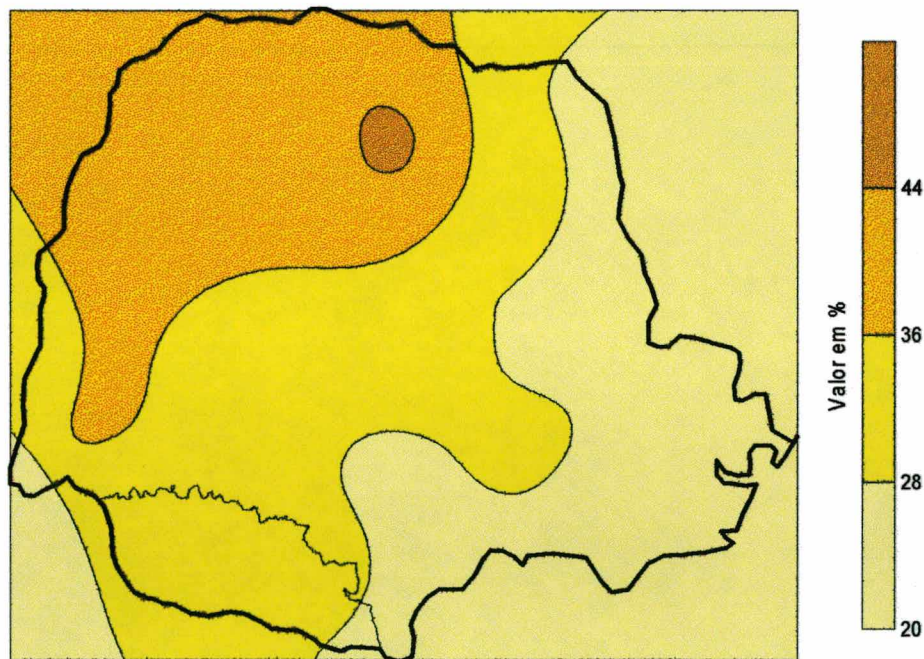


FIGURA 4.21 – Plano A – Conforto

Analisando-se o Plano A – Conforto, verifica-se que a região norte do Estado, nas cidades com altitude entre 300 e 600m, destacaram-se com percentuais de conforto acima de 36%, mais especificamente as cidades de Bela Vista do Paraíso, Londrina, Maringá, Paranavaí e Umuarama. A cidade de Cascavel (660m) também inclui-se nesta

faixa percentual, colaborando para identificar esta região como a que oferece maior conforto térmico. Salienta-se, mais uma vez, que a cidade de Londrina tem o mais alto percentual de conforto (48,6%) das horas do ano.



FIGURA 4.22 – Plano B - Estratégia: Ventilação

A estratégia Ventilação, Plano B, destaca-se como a mais importante para o período de calor, isto é, para ser usada como estratégia de resfriamento, sendo evidenciada como uma das quatro destacadas, em todas as cidades analisadas. Seus percentuais variam de 2,89%, na cidade de Palmas, a 28,4% em Paranaguá, com maior concentração percentual nas altitudes de 0 a 600m. Esta faixa inclui-se do oeste (Foz do Iguaçu) ao leste (Paranaguá) contendo o norte do Estado. Como a Zona de Ventilação, de acordo com LAMBERTS et al (1997), situa-se no intervalo de temperatura entre 29°C a 32°C, e a caracterização climática do Estado do Paraná, conforme NIMER (1989), enquadra a região norte e oeste como *Clima Tropical subquente e mesotérmico brando*, respectivamente, e a região litorânea como *Clima Temperado subquente*, com média mensal no verão em torno de 22°C, verifica-se, portanto, a perfeita identificação da estratégia com o clima e relevo.



FIGURA 4.23 – Plano C – Estratégia: Ventilação/Massa para resfriamento/Resfriamento Evaporativo

A estratégia Ventilação/Massa para resfriamento/Resfriamento Evaporativo, salientou-se com maiores percentuais (5 a 9%), na região identificada com altitudes de 300 a 600m. Nesta região o clima é caracterizado como *tropical subquente*, com temperaturas médias de verão entre 26°C e 24°C. LAMBERTS et al (1997) indica esta estratégia para os períodos quentes, onde a temperatura está entre 29°C e 44°C.

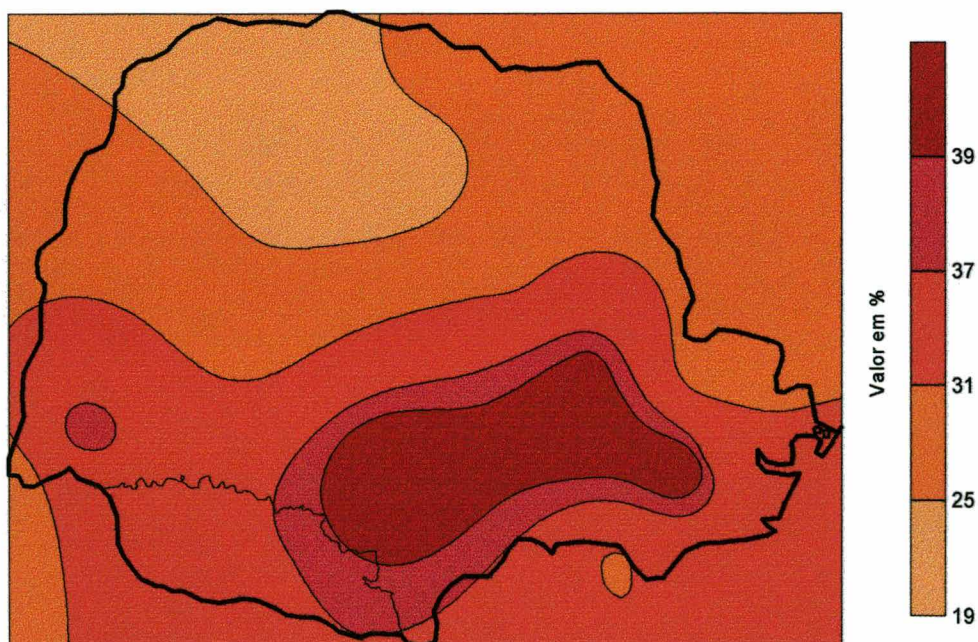


FIGURA 4.24 – Plano D - Estratégia: Massa térmica para aquecimento e aquecimento solar

Esta é uma estratégia recomendada para os períodos frios, onde a temperatura varia de 14°C a 20°C, tendo sido evidenciada como uma das quatro mais importantes estratégias em todas as 19 cidades analisadas. Seus percentuais variam de 18,9% (Londrina) a 42,5% (Curitiba). Na região do Estado onde a estratégia tem seus mais altos percentuais (36,2% a 42,5%), nas altitudes acima de 900m, o clima é o *Temperado mesotérmico brando*, que, de acordo com NIMER (1989), o inverno é muito sensível com pelo menos um mês com temperatura inferior a 15°C.

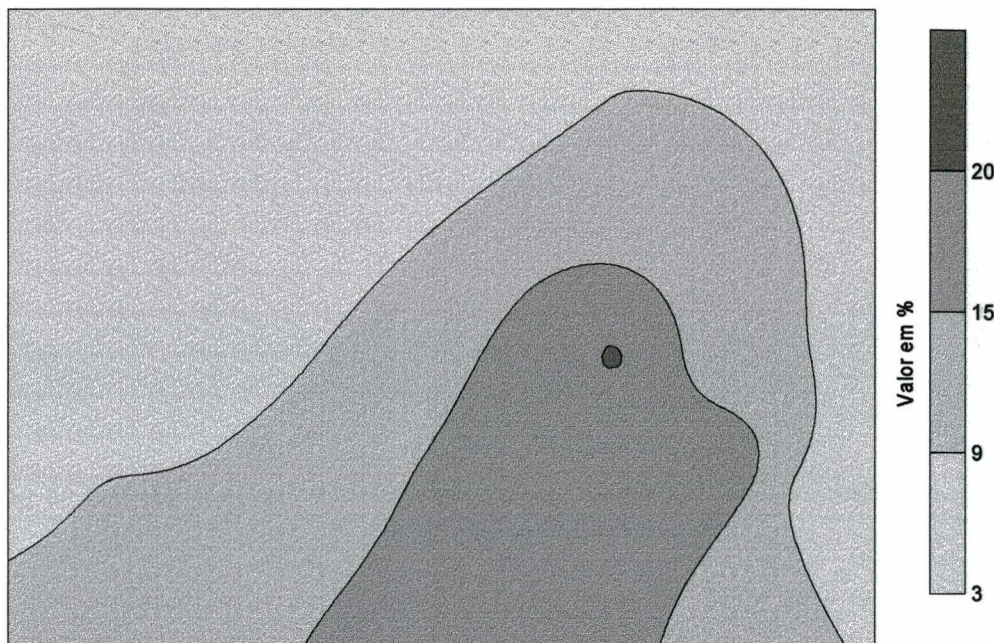


FIGURA 4.25 – Plano E - Estratégia: Aquecimento Solar Passivo

A estratégia Aquecimento solar passivo igualmente manifesta-se como uma das quatro mais evidenciadas nas 19 cidades em estudo. Os percentuais mais elevados (a partir de 15%), compreendem as cidades com altitudes acima dos 600m, mais especificamente Castro com 1009m de altitude (20,8%) e Curitiba com 910m (20,1%). Quando a temperatura está entre 10,5°C e 14°C esta estratégia é recomendada, estando de acordo com o clima que é *mesotérmico médio*, pois neste clima o inverno possui média inferior a 10°C.



FIGURA 4.26 – Plano F - Estratégia: Aquecimento Artificial

Esta estratégia salientou-se como uma das quatro mais importantes em somente 10 cidades, e com percentuais variando entre 3,08% a 18,4%. Por ser uma estratégia de períodos frios, isto é, indicada para aquecimento, manifesta-se de acordo com seu relevo, cidades com altitudes acima de 600m, em especial na região das cidades de Curitiba, Palmas, Rio Negro e Telêmaco Borba e que se enquadram na caracterização climática como *temperado mesotérmico brando e médio*.

De posse dos intervalos percentuais das estratégias bioclimáticas e dos seus respectivos planos, determinou-se três zonas, com as quais Zoneamento Bioclimático pretendido ficou caracterizado. Demonstra-se a seguir a tabela com as zonas bioclimáticas e os intervalos percentuais de cada estratégia:

TABELA 4.24 – Zonas Bioclimáticas e respectivas estratégias

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIAS	
	C	V/MR/RE
Zona 1	(36 a 52%)	> 8%
Zona 2	V	MA/AS
	(16 a 30%)	(25 a 43%)
Zona 3	AS	AA
	(15 a 22%)	> 12%

Na figura abaixo verifica-se o zoneamento bioclimático do Estado do Paraná, com as respectivas estratégias.

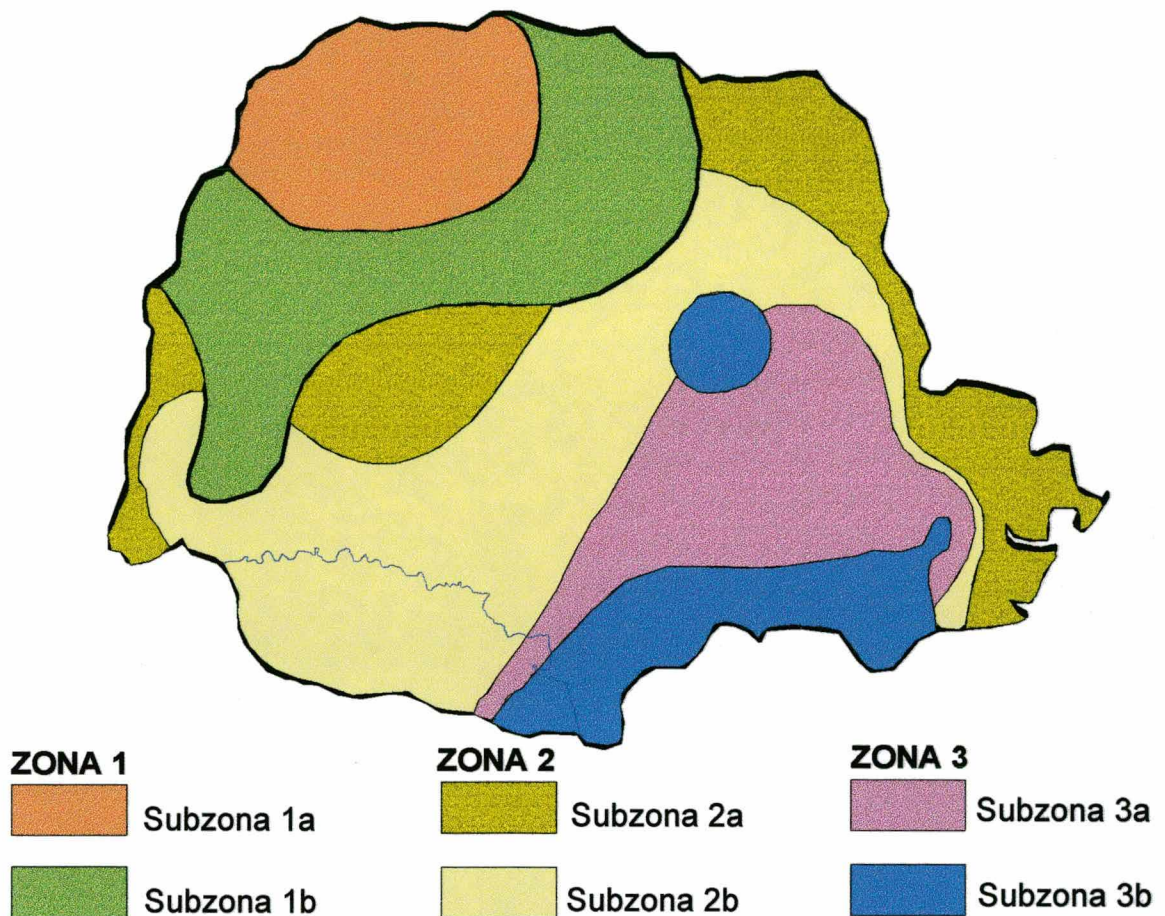


FIGURA 4.27 – ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO do Estado do PARANÁ

A *ZONA 1* compõe-se de duas *subzonas* que se identificam na estratégia ventilação/massa para resfriamento evaporativo/resfriamento evaporativo –*subzona 1a*– com percentuais maiores de 8% de horas do ano nesta estratégia, e uma região de conforto –*subzona 1b*–, onde de 36 a 52% das horas do ano demonstram esta situação. Esta Zona caracteriza-se por situar-se no *tipo de clima* tropical e temperado com *domínio climático* subquente onde as temperaturas dos meses frios alternam-se entre 15°C e 18°C. O clima subquente nesta região é úmido e apresenta de 1 a 2 meses de seca. As cidades que concorreram para a caracterização da Zona 1 situam-se no intervalo de altitude de 300 a 600m. As estratégias apropriam-se pois indicam uma abrangente área de conforto. Para a região tropical as recomendações são para resfriar o interior do ambiente através da retirada do calor do ar pela evaporação de água.

Na ZONA 2, combinam-se as estratégias de ventilação – *subzona 2a* - para os períodos quentes, e massa térmica/aquecimento solar, para os períodos de frio – *subzona 2b*. Em relação à primeira verifica-se que se enquadra no *domínio climático* subquente, onde as temperaturas médias mensais nunca são inferior a 15°C. É portanto uma estratégia perfeitamente ajustada para resfriar os ambientes por meio de uma correta orientação do projeto, que permita expor a edificação às brisas de verão.

A outra estratégia da sobrescrita zona, massa térmica/ aquecimento solar, manifestou-se na região com altitudes mais elevadas, ou seja, em cidades situadas a mais de 600m, no relevo denominado Planalto. É uma região com inverno apreciavelmente frio, com temperaturas inferiores a 15°C, pode-se, então indicá-la nestas características, pois passivamente é possível aquecer o ambiente interno com a construção de fechamentos opacos espessos.

Na ZONA 3, evidenciam-se duas estratégias recomendadas para os períodos frios, visto que as cidades contribuintes desta caracterização têm altitudes acima de 900m e estão no *clima mesotérmico médio*, onde a estação de inverno ultrapassa os meses de junho-julho-agosto, estabelecendo-se de abril a outubro, com médias de temperaturas inferiores a 10°C. Uma das estratégias recomendadas é aquecimento solar – *subzona 3a* - onde os ambientes internos podem ser aquecidos através de aberturas com elementos transparentes que permitam o aporte da radiação solar. Aquecimento artificial –*subzona 3b* - recomendado para as cidades de Rio Negro, Telêmaco Borba, Curitiba e Palmas. É exceção a cidade de Rio Negro, que, com altitude de 824m, portanto aquém das altitudes das outras cidades analisadas desta região, apresentou um percentual de 18,4% de horas do ano indicando aquecimento artificial, contribuindo assim na definição desta ZONA.

No *zoneamento climático* – IPT – com destaque para o estado do Paraná, para o Inverno observa-se 3 zonas, com a zona I-1 coincidindo com a ZONA 1; para o Verão observa-se 5 zonas, onde a zona V3, a mais ampla delas, coincide com a ZONA 1 e parte da ZONA 2, do presente trabalho.

No *Texto para Discussão* – IPT (1997) – verifica-se a coincidência da zona 6 com a subzona 3b, do presente zoneamento, ambas salientando a necessidade de aquecer os ambientes com o objetivo de conseguir conforto térmico.

Ao se comparar o *Zoneamento Bioclimático do Brasil* – Roriz et al (1998) - a zona Z2 por ser a mais extensa coincide com as subzonas 1b, 2a, 2b, 3a, 3b do zoneamento proposto neste trabalho.

Comparativamente no *zoneamento bioclimático para fins de edificações* de SILVA (1994), proposto para o Brasil, e no presente trabalho somente analisado para o Estado do Paraná, verifica-se a coincidência das estratégias indicadas tanto para resfriamento quanto para aquecimento. Para resfriamento são indicadas ventilação e massa térmica, também salientadas nesta análise. Para aquecimento houve a evidência da estratégia aquecimento solar, assim como no zoneamento proposto para o Estado do Paraná. Igualmente a *zona 1*, identifica-se com a *zona F* de SILVA (1994), que indica que não deve haver preocupação com estratégia de resfriamento, isto é, esta região está em conforto.

No *zoneamento bioclimático para o estado do Paraná*, houve a constatação de que as estratégias se manifestaram adequadamente, retratando as características das manifestações climáticas e das configurações do relevo do Estado do Paraná.

CAPÍTULO 5

5.1 – CONCLUSÃO

O *zoneamento bioclimático* aqui estabelecido reflete o comportamento higrotérmico de um ano de referência de 19 cidades do Estado do Paraná, de um total de 49 disponíveis.

Os dados horários de Temperatura de Bulbo Seco e Temperatura de Bulbo Úmido, gerados através de modelos matemáticos, e usados na determinação de cada um destes anos de referência, mostraram-se adequados. O tratamento estatístico *Comparação de Várias Médias*, aplicado às médias mensais do TRY de Curitiba, ano de 1969, com dados coletados no Aeroporto e dados gerados através das medições da COPEL, resultaram em valores de Coeficiente de correlação na ordem de 0,9897 para Tbs e 0,8850 para Tbu. De acordo com COSTA NETO (1994), indicam uma alta correlação linear positiva.

As Cartas Bioclimáticas das 19 cidades estudadas evidenciaram maiores percentuais de horas do ano das estratégias de Ventilação, Ventilação/massa para resfriamento/ resfriamento evaporativo, Massa térmica para aquecimento/aquecimento solar, Aquecimento solar passivo e Aquecimento artificial. Distingue-se claramente a interação entre temperatura e umidade, ocorrendo, pois, uma identificação entre a caracterização climática descrita por NIMER (1989), e as estratégias bioclimáticas. Observou-se que as estratégias passivas de calor manifestaram-se em regiões de climas tropicais e temperados subquentes e altitudes baixas, e as de frio onde o clima apresenta-se com temperaturas mais baixas e grandes altitudes.

As estratégias mais fortemente evidenciadas, se indicadas para aquecimento, buscam evitar perdas de calor e proporcionar ganhos com o envelope da edificação suficientemente vedado; se de resfriamento, evitar ganhos de calor e proporcionar perdas com uma conveniente ventilação dos ambientes.

O *zoneamento bioclimático do estado do Paraná*, configurou-se em três ZONAS, estas subdivididas em duas subzonas. Assim, a ZONA 1 compôs-se da subzona 1a (ventilação/massa térmica para resfriamento/resfriamento evaporativo), e a subzona 1b (conforto). As subzonas 2a (ventilação) e 2b (massa térmica para

aquecimento/aquecimento solar), formaram a ZONA 2; finalmente a ZONA3 constituiu-se nas subzonas 3a (Aquecimento solar) e 3b (Aquecimento artificial).

Tendo em mente que um zoneamento é o primeiro passo para um ordenamento territorial, porque estabelece o potencial de uso e as possíveis restrições de cada área em questão e como as diretrizes gerais para projetos bioclimáticos adequados a cada região do Paraná foram sugeridas, pode-se afirmar que o objetivo deste trabalho foi alcançado. Aos projetistas cabe obter pelos princípios básicos da arquitetura bioclimática, orientada pelas estratégias salientadas no zoneamento.

Demonstra-se neste trabalho, que as distintas manifestações climáticas do Paraná refletiram-se em uma diversidade bioclimática. Deduz-se portanto, que as edificações não podem ser indiscriminadamente construídas sem uma consideração bioclimática adequada. Logo, sobressai-se a importância e responsabilidade de arquitetos e engenheiros enquanto técnicos, em relação aos usuários de suas obras, visto que seus projetos devam levar em consideração as exigências do clima e terem o objetivo de defender os ocupantes das edificações da agressividade térmica do meio. Espera-se que este zoneamento indique parâmetros que evitem os descuidos até hoje observados nesta área e levem à conscientização da importância das estratégias bioclimáticas como recurso em proporcionar conforto térmico ao ser humano no interior de suas moradias.

5.2 – RECOMENDAÇÕES

Para futuros trabalhos sugere-se:

- Analisar as outras cidades do Paraná onde a COPEL tenha os dados coletados, que não foram estudados neste trabalho, para aperfeiçoar o zoneamento proposto;
- Aplicação das metodologias de geração de Tbs e Tbu em dados de outras cidades, com avaliação dos resultados;
- Analisar as cidades estudadas através dos dados de Normais Climatológicas, estabelecendo-se comparações;

- Estudo comparativo entre cidades com dados não horários e cidades com dados horários, para confirmar metodologia;
- Recomendar aos órgãos públicos do Estado do Paraná, que seus projetos devam ser orientados pelas estratégias deste *zoneamento bioclimático*;
- Elaborar normas, para orientação de construções, baseadas neste *zoneamento*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA de, A. S.; BETTINI, C. **Curso de Geoestatística Aplicada**. Curitiba: Departamento de Geologia, UFPR, 1994.
- ANDRADE, S. F. **Estudo de Estratégias Bioclimáticas no Clima de Florianópolis**. Florianópolis, 1996. Dissertação de Mestrado - Engenharia Civil, UFSC.
- AKUTSU, M.; VITORINO, F.; KANACIRO, C. Tratamento Estatístico de Dados Climáticos dos Períodos de Verão e de Inverno. In: **2º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**. (1993: Florianópolis) p. 185-191.
- ASHRAE. **Psychometrics**. In: ASHRAE Handbook Fundamentals, New York, cap 6. 1985.
- _____. **Weather Data and Design Conditions**. In: ASHRAE Handbook Fundamentals, New York, cap 24. 1985
- _____. _____. **Physiological Principles and Comfort**. In: ASHRAE Handbook Fundamentals, New York, cap 8. 1992.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para Trópicos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil SA, 1983.
- BARBOSA, M. J. **Uma Metodologia para Especificar e Analisar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares**. Florianópolis, 1997. Tese de Doutorado - Engenharia de Produção, UFSC.
- COLUMBA, M.; BARBARO, S.; RIZZO, G.; CANISTRANO, G. Applying Reduced Weather Data to Temperate Climates for Energy Analysis of Building. In: **Proceedings of the Ninth International PLEA Conference**. (1991: Seville) p. 653-658.
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 13. ed. São Paulo : Edgard Blücher Ltda, 1994.
- FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. **Projeto de Normalização em conforto Ambiental, entre FINEP e Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis, 1997.
- GIVONI, B. Confort, Climate and Building Design Guidelines. **Energy and Building**, v.1, p. 11-23. 1992.
- GOULART, S. V. G. **Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações em Florianópolis**. Florianópolis, 1993. Dissertação de Mestrado - Engenharia Civil, UFSC.
- GOULART, S. V. G.; BARBOSA, M.; PIETROBON, C. E.; BOGO, A.; PITTA, T. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto**

- Térmico.** Relatório Interno - 02/94. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção, UFSC, 1994.
- GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras.** 2.ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção, UFSC, 1998.
- GOULDING, J. R., LEWIS, J. O., STEEMERS, T. C. **Energy Conscious Design. A Primer for Architects.** Commission of the European Communities. Luxembourg, 1992.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Anexo do Relatório n.º 16.277. **Avaliação de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares.** São Paulo: IPT, [198 -].
- _____. Texto para Discussão: **Critérios Mínimos de Desempenho para Habitações Térreas de Interesse Social.** São Paulo: Mandarin, 1997.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 7730. **Moderate thermal enviroments - determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.** Geneva, 1984.
- IZARD, Jean-Louis, GUYOT, Alain. **Arquitetura Bioclimática.** 2. ed. México: G. Gili, 1983.
- LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Edificação.** São Paulo: PW, 1997.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- OLGYAY, V. **Design with Climate.** 2. ed. New Jersey: Princepton University Press, 1973.
- _____. **Clima y Aquitetura en Colombia.** Cali, Colombia: Universidad del Calle, Facultad de Arquictetura, 1968.
- PEDROSO, N. G. **Clima, meio ambiente e edificação: orientação para obtenção de dados climáticos necessários ao planejamento e execução de projetos construtivos.** In: Tecnologia de Edificações, São Paulo: IPT/PINI, P.487-490, 1985.
- PIETROBON, C. E. **Luz e Calor no Ambiente Construído Escolar e o Sobreamento Arbóreo: Conflito ou compromisso com a Conservação de Energia.** Florianópolis, 1999. Tese de Doutorado – Engenharia de Produção, UFSC.
- RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima: acondicionamento térmico natural.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do sul, 1985
- RORIZ, M. **Estudo preliminar sobre um zoneamento bioclimático do Brasil.** São Carlos, SP, 1993. (Documento não publicado).

- RORIZ, M.; LAMBERTS. R.; GHISI, E. **Avaliação do Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos**. Projeto Inovação Tecnológica. Relatório Interno. Florianópolis, 1998.
- SANTAMOURIS, M.; ARGIRIU, A. **Handbook on Passive Cooling. Vol. 1: Comfort Climate & Building Design**. London: Yannas S.; Porto, Portugal: Mandonado E., 1995.
- SERRA, A. Climatologia do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, 33 (243), p.53-120, 1974a.
- _____. Climatologia do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, 34 (244), p.97-165, 1974b.
- _____. Climatologia do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, 33 (246), p.61-109, 1975d.
- _____. Climatologia do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, 36 (257), p.104-194, 1978.
- SILVA da, A. C. S. B. **Zoneamento Bioclimático Brasileiro para Fins de Edificação**. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Mestrado - Engenharia Civil, UFRGS.
- STAMPER, E. Weather Data. **ASHRAE Journal**, p. 47, feb. 1977.
- SZOKOLAY, S. V. Bioclimatic Approach to Energetics. In: **Internacional Conference on Passive and Low Rnergy Architecture**. (1986: Housing, Hungria).
- UBER, L. L. **A Climatologia Aplicada ao Ambiente Construído: Uma Contribuição à Caracterização Climática de Porto Alegre/RS**. Porto Alegre, 1992. Dissertação de Mestrado - Engenharia Civil, UFRGS.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

A N E X O S

A N E X O A₁

Estações Meteorológicas

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA				SISTEMA DE INFORMAÇÕES			FOL. 02	
DEC/SPE/DPTº DE HIDROLOGIA E ESTUDOS ENERGÉTICOS				METEOROLÓGICAS - MET005			14JUN94	
Nº	CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	MÊS/ANO/ CADASTRADO	INÍCIO DO POSTO	ÓRGÃO	LAT/LONG	ALTITUDE (M)	PAG
01	02251027	BELA VISTA DO PARAISO	NOV/71 A DEZ/93	NOV/1971	IAPAR	22° 57'/51° 12'	600	01
02	02349028	JACAREZINHO	JAN/61 A DEZ/85	ABR/1941	INMET	23° 10'/49° 58'	471	05
03	02349030	JOAQUIM TAVORA	OUT/71 A DEZ/93	JUN/1971	IAPAR	23° 30'/49° 52'	512	12
04	02350017	CAMBARA	MAR/57 A DEZ/93	OUT/1957	IAPAR	23° 00'/50° 02'	450	17
05	02350018	BANDEIRANTES	MAR/74 A DEZ/93	OUT/1974	IAPAR	23° 06'/50° 21'	440	25
06	02351003	LONDRINA	JAN/76 A DEZ/93	JAN/1976	IAPAR	23° 18'/51° 09'	585	29
07	02351008	APUCARANA	NOV/64 A DEZ/93	JAN/1962	IAPAR	23° 30'/51° 32'	746	32
08	02351010	LONDRINA	JAN/61 A DEZ/85	DEZ/1953	INMET	23° 19'/51° 09'	566	38
09	02351011	IBIPORA	NOV/71 A DEZ/93	NOV/1973	IAPAR	23° 16'/51° 01'	484	45
10	02351013	MARINGA	JAN/61 A AGO/89	DEZ/1953	INMET	23° 25'/51° 54'	542	49
11	02351063	MARILANDIA DO SUL	AGO/78 A MAR/92	AGO/1978	IAPAR	23° 54'/51° 13'	1020	54
12	02352017	PARANAVAI	JUN/74 A DEZ/93	JUN/1971	IAPAR	23° 05'/52° 26'	480	57
13	02352019	CIANORTE	OUT/71 A DEZ/93	OUT/1971	IAPAR	23° 40'/52° 35'	530	61
14	02353008	UMUARAMA	NOV/71 A DEZ/93	NOV/1971	IAPAR	23° 44'/53° 17'	480	65
15	02449013	CERRO AZUL	ABR/72 A DEZ/93	OUT/1972	IAPAR	24° 49'/49° 15'	443	69
16	02449019	JAQUARIAIVA	JAN/61 AJUL/81	JAN/1917	INMET	24° 14'/49° 42'	923	73
17	02450010	CASTRO	JAN/61 A AGO/89	NOV/1922	INMET	24° 47'/50° 00'	1009	76
18	02450011	TELEMACO BORBA	DEZ/71 A DEZ/93	NOV/1971	IAPAR	24° 20'/50° 37'	768	83
19	02451052	CANDIDO ABREU	AGO/88 A DEZ/93	AGO/1988	IAPAR	24° 38'/51° 15'	645	83
20	02452018	CAMPO MOURAO	JAN/61 A JAN/86	JAN/1958	INMET	24° 03'/52° 22'	616	87
21	02452050	NOVA CANTU	FEV/76 A DEZ/93	AGO/1972	IAPAR	24° 40'/52° 34'	540	93
22	02453003	PALOTINA	SET/72 A DEZ/93	SET/1972	IAPAR	24° 18'/53° 55'	310	96
23	02453023	CASCABEL	OUT/72 A DEZ/93	OUT/1972	IAPAR	24° 53'/53° 33'	660	100
24	02453058	TOLEDO	AGO/75 A DEZ/85	AGO/1975	INMET	24° 41'/53° 49'	547	104

25	02454009	GUAIRA	FEV/63 A DEZ/86	JUL/1962	INMET	24° 05' / 54° 15'	231	107
26	02458038	MORRETES	JAN/66 A DEZ/93	JAN/1966	IAPAR	25° 30' / 48° 49'	59	112
27	02458039	GUARAQUEÇABA	NOV/77 A DEZ/93	NOV/1977	IAPAR	25° 18' / 48° 20'	40	118
28	02458055	PARANAGUA	JAN/61 A DEZ/85	JAN/1911	INMET	25° 32' / 48° 31'	5	121
29	02548070	ANTONINA	NOV/77 A DEZ/93	NOV/1977	IAPAR	25° 13' / 48° 48'	60	128
30	02459006	CURITIBA	MAR/51 A AGO/89	ABR/1884	INMET	25° 26' / 49° 16'	929	131
31	02459041	PIRAQUARA	FEV/70 A DEZ/97	FEV/1970	IAPAR	25° 25' / 49° 08'	930	138
32	02459091	LAPA	SET/88 A DEZ/97	AGO/1988	IAPAR	25° 47' / 49° 46'	910	143
33	02550006	IVAI	JAN/61 A AGO/89	JAN/1912	INMET	25° 01' / 50° 51'	808	143
34	02550007	IRATI	SET/66 A DEZ/85	SET/1966	INMET	25° 28' / 50° 38'	937	148
35	02550024	PONTA GROSSA	JAN/54 A DEZ/93	JAN/1954	IAPAR	25° 13' / 50° 01'	880	154
36	02550025	TEIXEIRA SOARES	JAN/63 A DEZ/93	JAN/1963	IAPAR	25° 27' / 50° 35'	893	163
37	02551006	GUARAPUAVA	JAN/61 A JAN/85	JAN/1910	INMET	25° 24' / 51° 28'	1036	170
38	02551010	GUARAPUAVA	JUL/73 A DEZ/93	JUN/1972	IAPAR	25° 21' / 51° 30'	1020	175
39	02552009	LARANJEIRA DO SUL	OUT/73 A DEZ/93	OUT/1973	IAPAR	25° 25' / 52° 25'	880	179
40	02553015	PLANALTO	MAR/73 A DEZ/93	OUT/1973	IAPAR	25° 42' / 53° 46'	400	183
41	02553018	QUEDAS DO IGUAÇU	JUL/72 A DEZ/93	JUL/1972	IAPAR	25° 31' / 53° 01'	514	187
42	02554004	FOZ DO IGUAÇU	JUL/61 A ABR/81	JAN/1938	INMET	25° 33' / 54° 34'	161	191
43	02554026	SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	AGO/82 A DEZ/93	AGO/1982	IAPAR	25° 11' / 54° 08'	307	196
44	02649021	RIO NEGRO	JAN/61 A MAI/93	DEZ/1922	INMET	26° 06' / 49° 48'	824	198
45	02651006	PALMAS	JAN/61 A DEZ/79	NOV/1922	INMET	26° 29' / 51° 59'	1091	203
46	02651007	PORTO UNIÃO (SC)	JAN/61 A DEZ/78	OUT/1941	INMET	26° 13' / 51° 04'	778	208
47	02651043	PALMAS	JAN/79 A DEZ/93	DEZ/1978	IAPAR	26° 29' / 51° 59'	1110	213
48	02651046	FOZ DO AREIA	MAI/81 A DEZ/93	SET/1980	COPEL	26° 05' / 51° 39'	600	216
49	02652003	CLEVELANDIA	DEZ/72 A DEZ/93	SET/1972	IAPAR	26° 25' / 52° 21'	930	218
50	02652035	PATO BRANCO	JAN/79 A DEZ/93	JAN/1979	IAPAR	26° 07' / 52° 41'	700	222
51	02653012	FRANCISCO BELTRÃO	MAI/73 A DEZ/93	MAI/1973	IAPAR	26° 05' / 53° 03'	650	225

A N E X O A₂

FORMATO ARQUIVO DE TRANSFERÊNCIA - BANCO DE DADOS MET

Código: 8 caracteres Ano: 2 caracteres Mês: 2 caracteres

Grandezas:

PS (Pressão - mm de Hg) x 10, sub-índices 1, 2 e 3 referentes às leituras das 09, 15 e 21 hs.

TE (Temperatura - °C) x 10, sub-índices 1, 2 e 3 referentes às leituras das 09, 15 e 21 hs (temperatura seca), 4,5 e 6 referentes às leituras das 09, 15 e 21 hs (temperatura bulbo úmido) e 7 e 8 máxima e mínima registradas no dia.

UM (Umidade relativa - %), sub-índices 1, 2 e 3 referentes às leituras das 09, 15 e 21 hs.

PC (Precipitação - mm) x 10, sub-índice 1, referente ao total diário e 2, 3 e 4 referentes às leituras das 09, 15 e 21 hs.

EV (Evaporação - mm) x 10.

IN (Insolação - horas) x 10.

VE (Direção do vento), sub-índices 1, 2 e 3 referentes às leituras das 09, 15 e 21 hs.

VE (Velocidade do vento - m/s) x 10, sub-índices 1, 2 e 3 referentes às leituras das 09, 15 e 21 hs.

NE (Nebulosidade), sub-índices 1, 2 e 3 referentes às leituras das 09, 15 e 21 hs.

Obs.: O valor 77777 indica falha.

02549006 64 2 29 PS 1 9083 9080 9111 9112 9104 9078 9050 9032 9032 9050 9059 9075 9063 9027 9015 9014 9011 9039 9067 9102 9106 9078 9066 9062 9094 9123 9124 9131 9111
02549006 64 2 29 PS 2 9056 9062 9102 9100 9075 9060 9016 9010 9023 9031 9042 9055 9034 8986 9000 8998 8995 9038 9055 9094 9084 9044 9030 9040 9078 9094 9103 9100 9074
02549006 64 2 29 PS 3 9067 9087 9106 9096 9072 9050 9039 9007 9031 9043 9054 9059 9035 9010 8999 8980 9024 9026 9070 9094 9082 9055 9039 9051 9099 9096 9111 9106 9075
02549006 64 2 29 TE 1 254 216 182 168 190 237 238 194 204 214 210 219 206 225 210 226 200 175 160 170 156 130 179 194 166 174 197 186
02549006 64 2 29 TE 2 264 274 184 204 253 260 318 302 204 230 246 238 265 244 260 218 268 226 186 206 208 234 238 251 254 242 277 291 282
02549006 64 2 29 TE 3 232 199 166 170 176 222 214 216 188 199 206 207 216 210 216 210 198 194 162 156 146 160 170 169 156 184 196 184 218
02549006 64 2 29 TE 4 221 196 176 156 162 216 216 190 194 193 202 197 206 198 208 230 214 172 132 146 138 128 160 168 160 164 182 176
02549006 64 2 29 TE 5 202 224 170 174 199 212 234 236 191 218 214 220 220 220 214 208 230 214 183 170 144 158 164 174 178 186 206 204 206
02549006 64 2 29 TE 6 219 186 160 166 168 206 208 204 182 194 194 204 200 198 198 194 190 158 142 136 148 160 150 148 176 188 173 196
02549006 64 2 29 TE 7 306 306 206 212 262 278 328 326 224 268 259 266 276 266 271 240 280 236 200 220 221 252 246 256 260 260 280 302 292
02549006 64 2 29 TE 8 202 172 166 153 140 146 170 196 188 186 189 185 196 195 193 190 198 186 162 138 127 107 110 150 142 146 163 164 148
02549006 64 2 29 UM 1 75 83 94 88 88 75 83 96 90 83 85 86 92 85 89 85 94 97 72 77 82 98 82 77 94 90 87 90
02549006 64 2 29 UM 2 57 64 86 74 59 64 48 57 88 89 75 86 67 81 65 91 72 89 97 69 47 44 45 44 46 59 52 44 50
02549006 64 2 29 UM 3 88 88 94 96 92 87 94 89 94 95 89 92 89 91 85 89 96 96 85 90 87 90 82 91 92 93 89 82
02549006 64 2 29 PC 1 0 629 14 3 18 0 0 139 36 8 37 0 36 124 151 8 14 31 342 39 12 0 1 4 21 4 0 1 204
02549006 64 2 29 PC 2 0 627 12 1 18 0 0 9 0 1 0 0 123 2 6 0 25 195 0 12 0 1 4 1 1 0 1 2
02549006 64 2 29 PC 3 0 2 1 0 0 0 0 17 0 33 1 7 2 13 3 55 32 0 0 0 0 0 0 0 0
02549006 64 2 29 PC 4 2 0 1 0 0 130 36 7 20 0 3 0 142 0 1 3 92 7 0 0 0 20 3 0 0 202 32
02549006 64 2 29 EV 0 34 27 26 10 13 20 21 22 34 8 10 17 16 21 14 22 14 13 7 8 24 26 24 28 24 25 18 20 24
02549006 64 2 29 IN 0 70 60 0 59 76 67 80 0 7 37 57 62 52 43 3 41 0 64 107 105 88 69 79 60 83 82 98
02549006 64 2 29 VE 1 NW NW E E NE NE NW NW SE C E N NW NW W N W NE SE SE C E N C C C
02549006 64 2 29 VE 2 C SW SE SE NE NW NW SE NE SE N N NW N S W SE SE SW NW NW SW SW N N
02549006 64 2 29 VE 3 SW SE SE E N C SE NE SE E C N S NW NE E SE E SE E N NE NE NW N
02549006 64 2 29 VE 1 55 44 30 44 31 30 24 39 30 0 26 28 16 30 46 25 34 20 24 72 37 0 0 28 39 20 0 0
02549006 64 2 29 VE 2 0 24 42 37 37 25 33 53 38 37 33 48 72 55 48 53 43 46 42 48 16 51 32 44 26 34 25 42
02549006 64 2 29 VE 3 20 46 53 34 34 26 0 28 26 17 27 34 0 39 24 40 46 34 30 42 48 30 22 26 26 28 28 23
02549006 64 2 29 NE 1 8 9 10 10 10 10 7 10 10 9 8 9 10 9 10 10 10 10 10 10 9 5 10 8 8 10 10 8 3
02549006 64 2 29 NE 2 8 10 10 10 10 10 10 10 10 9 10 10 8 10 10 10 10 10 10 10 8 6 7 8 8 7 4 5
02549006 64 2 29 NE 3 10 10 10 10 10 0 10 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 2 2 10 8 3 1 9 2 2

A N E X O A₃

Seqüência dos meses para cálculos de consumo de energia

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Janeiro + frio
2) Junho + frio	10) Setembro + frio	18) Maio + quente
3) Março + quente	11) Outubro + quente	19) Dezembro + frio
4) Julho + frio	12) Abril + frio	20) Agosto + quente
5) Janeiro + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Maio + frio	14) Junho + quente	22) Setembro + quente
7) Dezembro + quente	15) Março + frio	23) Outubro + frio
8) Agosto + frio	16) Julho + quente	24) Abril + quente

Cidade: BELA VISTA DO PARAÍSO

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Março + frio
2) Junho + frio	10) Setembro + frio	18) Agosto + quente
3) Janeiro + quente	11) Outubro + quente	19) Dezembro + frio
4) Julho + frio	12) Abril + frio	20) Maio + quente
5) Março + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Agosto + frio	14) Junho + quente	22) Setembro + quente
7) Dezembro + quente	15) Janeiro + frio	23) Outubro + frio
8) Maio + frio	16) Julho + quente	24) Abril + quente

Cidade: CASCAVEL

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Março + frio
2) Junho + frio	10) Setembro + frio	18) Agosto + quente
3) Janeiro + quente	11) Abril + quente	19) Dezembro + frio
4) Julho + frio	12) Outubro + frio	20) Maio + quente
5) Março + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Agosto + frio	14) Junho + quente	22) Setembro + quente
7) Dezembro + quente	15) Janeiro + frio	23) Abril + frio
8) Maio + frio	16) Julho + quente	24) Outubro + quente

Cidade: CERRO AZUL

1) Janeiro + quente	9) Novembro + quente	17) Dezembro + frio
2) Junho + frio	10) Setembro + frio	18) Agosto + quente
3) Fevereiro + quente	11) Outubro + quente	19) Março + frio
4) Julho + frio	12) Abril + frio	20) Maio + quente
5) Dezembro + quente	13) Janeiro + frio	21) Novembro + frio
6) Agosto + frio	14) Junho + quente	22) Setembro + quente
7) Março + quente	15) Fevereiro + frio	23) Outubro + frio
8) Maio + frio	16) Julho + quente	24) Abril + quente

Cidade: FOZ do IGUAÇU

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Janeiro + frio
2) Julho + frio	10) Setembro + frio	18) Maio + quente
3) Março + quente	11) Outubro + quente	19) Dezembro + frio
4) Junho + frio	12) Abril + frio	20) Agosto + quente
5) Janeiro + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Maio + frio	14) Julho + quente	22) Setembro + quente
7) Dezembro + quente	15) Março + frio	23) Outubro + frio
8) Agosto + frio	16) Junho + quente	24) Abril + quente

Cidade: JACAREZINHO

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Março + frio
2) Junho + frio	10) Setembro + frio	18) Agosto + quente
3) Janeiro + quente	11) Outubro + quente	19) Dezembro + frio
4) Julho + frio	12) Abril + frio	20) Maio + quente
5) Março + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Agosto + frio	14) Junho + quente	22) Setembro + quente
7) Dezembro + quente	15) Janeiro + frio	23) Outubro + frio
8) Maio + frio	16) Julho + quente	24) Abril + quente

Cidade: NOVA CANTU

1) Janeiro + quente	9) Novembro + quente	17) Março + frio
2) Julho + frio	10) Setembro + frio	18) Maio + quente
3) Fevereiro + quente	11) Abril + quente	19) Dezembro + frio
4) Junho + frio	12) Outubro + frio	20) Agosto + quente
5) Março + quente	13) Janeiro + frio	21) Novembro + frio
6) Maio + frio	14) Julho + quente	22) Setembro + quente
7) Dezembro + quente	15) Fevereiro + frio	23) Abril + frio
8) Agosto + frio	16) Junho + quente	24) Outubro + quente

Cidade: PALMAS

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Dezembro + frio
2) Julho + frio	10) Maio + frio	18) Junho + quente
3) Janeiro + quente	11) Abril + quente	19) Março + frio
4) Agosto + frio	12) Outubro + frio	20) Setembro + quente
5) Dezembro + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Junho + frio	14) Julho + quente	22) Maio + quente
7) Março + quente	15) Janeiro + frio	23) Abril + frio
8) Setembro + frio	16) Agosto + quente	24) Outubro + quente

Cidade: PARANAGUA

1) Dezembro + quente	9) Março + quente	17) Fevereiro + frio
2) Julho + frio	10) Setembro + frio	18) Maio + quente
3) Janeiro + quente	11) Outubro + quente	19) Novembro + frio
4) Junho + frio	12) Abril + frio	20) Agosto + quente
5) Fevereiro + quente	13) Dezembro + frio	21) Março + frio
6) Maio + frio	14) Julho + quente	22) Setembro + quente
7) Novembro + quente	15) Janeiro + frio	23) Outubro + frio
8) Agosto + frio	16) Junho + quente	24) Abril + quente

Cidade: PARANAVAÍ

1) Janeiro + quente	9) Novembro + quente	17) Fevereiro + frio
2) Julho + frio	10) Setembro + frio	18) Agosto + quente
3) Dezembro + quente	11) Abril + quente	19) Março + frio
4) Junho + frio	12) Outubro + frio	20) Maio + quente
5) Fevereiro + quente	13) Janeiro + frio	21) Novembro + frio
6) Agosto + frio	14) Julho + quente	22) Setembro + quente
7) Março + quente	15) Dezembro + frio	23) Abril + frio
8) Maio + frio	16) Junho + quente	24) Outubro + quente

Cidade: PATO BRANCO

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Dezembro + frio
2) Junho + frio	10) Maio + frio	18) Agosto + quente
3) Janeiro + quente	11) Outubro + quente	19) Março + frio
4) Julho + frio	12) Abril + frio	20) Setembro + quente
5) Dezembro + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Agosto + frio	14) Junho + quente	22) Maio + quente
7) Março + quente	15) Janeiro + frio	23) Outubro + frio
8) Setembro + frio	16) Julho + quente	24) Abril + quente

Cidade: PONTA GROSSA

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Março + frio
2) Junho + frio	10) Setembro + frio	18) Agosto + quente
3) Janeiro + quente	11) Outubro + quente	19) Dezembro + frio
4) Julho + frio	12) Abril + frio	20) Maio + quente
5) Março + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Agosto + frio	14) Junho + quente	22) Setembro + quente
7) Dezembro + quente	15) Janeiro + frio	23) Outubro + frio
8) Maio + frio	16) Julho + quente	24) Abril + quente

Cidade: TELÊMACO BORBA

1) Fevereiro + quente	9) Novembro + quente	17) Março + frio
2) Junho + frio	10) Setembro + frio	18) Maio + quente
3) Janeiro + quente	11) Outubro + quente	19) Dezembro + frio
4) Julho + frio	12) Abril + frio	20) Agosto + quente
5) Março + quente	13) Fevereiro + frio	21) Novembro + frio
6) Maio + frio	14) Junho + quente	22) Setembro + quente
7) Dezembro + quente	15) Janeiro + frio	23) Outubro + frio
8) Agosto + frio	16) Julho + quente	24) Abril + quente

Cidade: UMUARAMA

A N E X O A₄

FATORES DE MULTIPLICAÇÃO 14 Cidades

Cidade: Curitiba

HORA	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
1	0,12964	0,12235	0,12126	0,11946	0,16409	0,15520
2	0,10419	0,10329	0,10006	0,10373	0,13359	0,11411
3	0,07331	0,07155	0,07639	0,08182	0,09691	0,09485
4	0,05186	0,04931	0,05122	0,05532	0,06530	0,07099
5	0,02934	0,02468	0,03002	0,02222	0,03495	0,03756
6	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01020	0,00171
7	0,12043	0,07410	0,03389	0,01087	0,00000	0,00000
8	0,28164	0,23386	0,19303	0,13351	0,10136	0,08276
9	0,44657	0,42081	0,36766	0,29964	0,26791	0,25867
10	0,62839	0,59724	0,58640	0,49802	0,50003	0,47068
11	0,76825	0,76481	0,73994	0,65803	0,68589	0,67136
12	0,86860	0,86890	0,84581	0,79375	0,81775	0,83314
13	0,94484	0,93933	0,93932	0,90329	0,92219	0,92291
14	0,99526	0,98179	0,98580	0,96864	0,97713	0,97732
15	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
16	0,93228	0,92808	0,94620	0,93428	0,94344	0,94008
17	0,76772	0,80287	0,79137	0,79771	0,79598	0,79596
18	0,62397	0,60711	0,59598	0,55282	0,58082	0,58661
19	0,42113	0,40828	0,37078	0,36927	0,42007	0,42339
20	0,31140	0,30403	0,28524	0,27044	0,34143	0,33121
21	0,24730	0,24061	0,23983	0,20868	0,28685	0,27151
22	0,21488	0,20382	0,19819	0,17537	0,24562	0,21817
23	0,18400	0,18015	0,17581	0,14422	0,20726	0,19661
24	0,15583	0,14490	0,14450	0,14808	0,18932	0,18318

HORA	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
1	0,16146	0,16872	0,11516	0,09230	0,09112	0,09504
2	0,13231	0,14435	0,09046	0,06577	0,06740	0,06877
3	0,10412	0,11144	0,07169	0,04686	0,04088	0,04377
4	0,07682	0,08563	0,04094	0,01918	0,01630	0,01877
5	0,04979	0,05495	0,02195	0,00592	0,00000	0,00000
6	0,02577	0,03886	0,00000	0,00000	0,00242	0,00949
7	0,00000	0,00000	0,01909	0,09581	0,14217	0,14306
8	0,08537	0,11465	0,16290	0,26500	0,30316	0,30318
9	0,28052	0,28979	0,32515	0,44166	0,47469	0,49001
10	0,50459	0,49902	0,52160	0,61595	0,65349	0,66034
11	0,66320	0,67420	0,70279	0,77841	0,77618	0,79970
12	0,83184	0,83025	0,82669	0,88337	0,86375	0,89265
13	0,92550	0,92922	0,94094	0,96481	0,95046	0,96214
14	0,98738	0,97822	1,00000	1,00000	0,99892	1,00000
15	1,00000	1,00000	0,99935	0,99770	1,00000	0,99752
16	0,94699	0,95318	0,92885	0,92562	0,92405	0,92510
17	0,81072	0,83759	0,76860	0,77490	0,77134	0,74583
18	0,61394	0,64859	0,58363	0,56936	0,60798	0,57777
19	0,45058	0,47672	0,40380	0,36410	0,39562	0,39265
20	0,35000	0,37484	0,32062	0,29126	0,27669	0,27404
21	0,29578	0,31260	0,25546	0,23201	0,20790	0,20571
22	0,25824	0,27308	0,22040	0,20247	0,17519	0,16575
23	0,22967	0,23370	0,18593	0,17468	0,14313	0,14958
24	0,18400	0,19335	0,14580	0,12381	0,12442	0,12247